

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年11月20日

出願番号

Application Number:

特願2000-353423

出願人

Applicant(s):

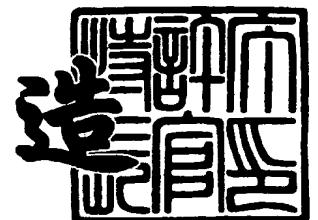
株式会社日立製作所



2001年10月 4日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3090724

【書類名】 特許願

【整理番号】 H00018791

【提出日】 平成12年11月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 29/78

【発明者】

【住所又は居所】 東京都青梅市新町六丁目 1 6 番地の 3 株式会社日立製作所 デバイス開発センタ内

【氏名】 池田 良広

【発明者】

【住所又は居所】 東京都青梅市新町六丁目 1 6 番地の 3 株式会社日立製作所 デバイス開発センタ内

【氏名】 岡崎 勉

【発明者】

【住所又は居所】 東京都青梅市新町六丁目 1 6 番地の 3 株式会社日立製作所 デバイス開発センタ内

【氏名】 塚本 恵介

【発明者】

【住所又は居所】 東京都青梅市新町六丁目 1 6 番地の 3 株式会社日立製作所 デバイス開発センタ内

【氏名】 柳田 博史

【発明者】

【住所又は居所】 東京都青梅市新町六丁目 1 6 番地の 3 株式会社日立製作所 デバイス開発センタ内

【氏名】 岡田 大介

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100080001

【弁理士】

【氏名又は名称】 筒井 大和

【電話番号】 03-3366-0787

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006909

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体集積回路装置およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 不揮発性半導体記憶装置を含む半導体集積回路装置であって

主面を有する半導体基板と、

前記半導体基板の主面上に互いに隣接して形成され、それぞれが第 1 ゲート絶縁膜と、フローティングゲート電極と、第 2 ゲート絶縁膜と、コントロールゲート電極と、両側壁部にエッチング防止膜を有する第 1 保護絶縁膜とからなり、それらの順で積層された少なくとも一対の積層構造体と、

前記一対の積層構造体の互いに対向する側壁部間に位置する前記半導体基板の主面に形成され、ソース領域またはドレイン領域として作用する第 1 不純物導入領域と、

前記一対の積層構造体のそれぞれの側壁部を覆って形成され、その底部が前記第 1 不純物導入領域の一表面部に延在する第 2 保護絶縁膜と、

前記一対の積層構造体の互いに対向する前記側壁部を覆う前記第 2 保護絶縁膜によって規定された接続孔を埋めるように形成され、前記第 1 不純物導入領域に電氣的に接続された第 1 導体層と、

を有することを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の半導体集積回路装置において、前記第 1 ゲート絶縁膜は、酸化シリコン膜からなり、前記第 1 保護絶縁膜は、少なくともその一部に酸化シリコン膜を含み、前記エッチング防止膜および前記第 2 保護絶縁膜は、窒化シリコン膜からなることを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 3】 請求項 2 記載の半導体集積回路装置において、前記第 1 保護絶縁膜は、酸化シリコン膜とその上部に積層された窒化シリコン膜とからなることを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 4】 請求項 1 記載の半導体集積回路装置において、前記第 1 不純物導入領域は、ドレイン領域として作用し、前記第 1 導体層は、データ線の一部として作用することを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載の半導体集積回路装置において、前記少なくとも一対の積層構造体の上部には、少なくとも一層以上の酸化シリコン膜からなる層間絶縁膜が形成され、前記データ線は、前記層間絶縁膜上に形成されていることを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 6】 請求項 4 記載の半導体集積回路装置において、前記一対の積層構造体の前記第 1 不純物導入領域が形成された側壁部とは反対側の側壁部に位置する前記半導体基板の主面には、ソース領域として作用する第 2 不純物領域が形成され、前記第 2 不純物領域には、ソース線の一部として作用する第 2 導体層が電氣的に接続されていることを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 7】 請求項 6 記載の半導体集積回路装置において、前記ソース領域として作用する第 2 導体層は、前記第 2 不純物領域を挟む前記一対の積層構造体の互いに対向する前記側壁部を覆う前記第 2 保護絶縁膜によって規定された接続孔を埋めるように形成されていることを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 8】 請求項 1 記載の半導体集積回路装置において、前記第 2 ゲート絶縁膜は、酸化シリコン膜と窒化シリコン膜とを交互に 3 層以上積層した絶縁膜からなることを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 9】 請求項 1 記載の半導体集積回路装置において、前記少なくとも一対の積層構造体のそれぞれは、フラッシュメモリのメモリセルを構成し、前記メモリセルの書き込みは、前記フローティングゲート電極に電荷を注入して行うことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 10】 請求項 9 記載の半導体集積回路装置において、前記フラッシュメモリは、NOR 型フラッシュメモリであることを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 11】 M I S トランジスタ構造を含む半導体集積回路装置の製造方法であって、

(a) 半導体基板の主面に M I S トランジスタ構造を形成するための第 1 ゲート絶縁膜を形成する工程、

(b) 前記第 1 ゲート絶縁膜上の一部を覆う第 1 ゲート電極と、前記第 1 ゲート電極上を覆う第 1 絶縁膜との 2 層を含み、前記第 1 絶縁膜の側壁部にエッチング

防止膜が形成された少なくとも一対の積層構造体を形成する工程、

(c) 前記積層構造体によって覆われていない領域の前記第 1 ゲート絶縁膜を通じて前記半導体基板に不純物を導入することによって、前記積層構造体に自己整合した第 1 不純物導入領域を前記半導体基板の主面に形成する工程、

(d) 前記 (c) 工程の後、前記積層構造体によって覆われていない領域の前記第 1 ゲート絶縁膜を除去する工程、

(e) 前記 (d) 工程の後、前記積層構造体の上部および側壁部を覆う第 2 絶縁膜を形成する工程、

を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 1 2】 請求項 1 1 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記 (d) 工程と前記 (e) 工程との間に、

(d-2) 前記第 1 ゲート絶縁膜が除去された領域の前記半導体基板の主面を酸化することによって、前記主面に絶縁膜を形成する工程、

をさらに有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 1 3】 請求項 1 2 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記 (e) 工程の後、

(f) 前記第 2 絶縁膜によって覆われた前記積層構造体を覆い、かつ前記積層構造体間のスペースを埋めるように、前記第 2 絶縁膜上に第 3 絶縁膜を形成する工程、

(g) 前記第 3 絶縁膜上にコンタクトホール用マスクを形成し、前記マスクを用いた異方性エッチングで前記第 3 絶縁膜および前記第 2 絶縁膜をそれらの積層方向に選択的に除去することによって、前記第 3 絶縁膜および前記第 2 絶縁膜を貫通して前記第 1 不純物導入領域の表面に達するコンタクトホールを形成する工程、

をさらに含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 1 4】 請求項 1 3 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記 (g) 工程の後、

(h) 前記コンタクトホールを埋め込み、かつ前記第 1 不純物導入領域と電氣的に接続される配線用導体層を形成する工程、

をさらに含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 1 5】 請求項 1 4 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記積層構造体を構成する前記第 1 ゲート電極と前記第 1 絶縁膜との間には、第 2 ゲート絶縁膜とその上部に積層された第 2 ゲート電極とが介在していることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 1 6】 請求項 1 4 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 ゲート絶縁膜、前記第 1 絶縁膜および前記第 3 絶縁膜は、酸化シリコン膜からなり、前記エッチング防止膜および前記第 2 絶縁膜は、窒化シリコン膜からなることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 1 7】 請求項 1 6 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 ゲート電極および前記第 2 ゲート電極は、多結晶シリコン膜からなり、前記第 2 ゲート絶縁膜は、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜および酸化シリコン膜がそれらの順に積層された 3 層膜からなることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 1 8】 請求項 1 7 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 絶縁膜は、酸化シリコン膜および窒化シリコン膜がそれらの順に積層された 2 層膜からなり、前記エッチング防止膜は、前記 2 層膜の側壁部を覆うように形成されていることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 1 9】 以下の工程を有する半導体集積回路装置の製造方法：

(a) 半導体基板の主面に酸化シリコン膜からなる第 1 ゲート絶縁膜を形成し、前記第 1 ゲート絶縁膜上に第 1 導電膜、第 2 ゲート絶縁膜および第 2 導電膜をこの順に形成する工程、

(b) 前記第 2 導電膜上に酸化シリコン膜の単層膜、または酸化シリコン膜上に窒化シリコン膜を形成した積層膜からなる第 1 保護絶縁膜を形成する工程、

(c) 前記第 1 保護絶縁膜をパターニングすることにより、前記第 1 保護絶縁膜からなるエッチングマスクを形成する工程、

(d) 前記エッチングマスクをマスクに用いたドライエッチングで前記第 2 導電膜、前記第 2 ゲート絶縁膜および前記第 1 導電膜をこの順にパターニングすることにより、前記第 1 導電膜からなるフローティングゲート電極と前記第 2 導電膜

からなるコントロールゲート電極とを有し、前記コントロールゲート電極の上部が前記第 1 保護絶縁膜で覆われた積層構造のゲート電極を複数形成する工程、

(e) 前記 (c) 工程の後、前記 (d) 工程に先立って、または前記 (d) 工程の後、パターニングされた前記第 1 保護絶縁膜の両側壁部に窒化シリコン膜からなるエッチング防止膜を形成する工程、

(f) 前記複数のゲート電極の互いに対向する側壁部間に位置する前記半導体基板の主面に不純物を導入することによって、ソース領域およびドレイン領域を形成する工程、

(g) 前記 (f) 工程の後、フッ酸を含んだエッチング液を用いて前記半導体基板の表面を処理することにより、前記複数のゲート電極の互いに対向する側壁部間に位置する前記第 1 ゲート絶縁膜を洗浄する工程、

(h) 前記 (g) 工程の後、前記複数のゲート電極のそれぞれの上部および両側壁部を覆い、前記複数のゲート電極の互いに対向する側壁部間を埋め込まない程度の膜厚を有する窒化シリコン膜からなる第 2 保護絶縁膜を形成する工程、

(i) 前記第 2 保護絶縁膜の上部に酸化シリコン膜からなる層間絶縁膜を形成し、前記複数のゲート電極の互いに対向する側壁部間を前記層間絶縁膜で埋め込む工程、

(j) 前記複数のゲート電極の互いに対向する側壁部間に位置する前記層間絶縁膜および前記第 2 保護絶縁膜をエッチングすることにより、前記ソース領域の表面を露出する第 1 接続孔および前記ドレイン領域の表面を露出する第 2 接続孔を形成する工程、

(k) 前記第 1 接続孔の内部に、前記ソース領域と電氣的に接続される第 3 導電膜を形成し、前記第 2 接続孔の内部に、前記ドレイン領域と電氣的に接続される第 4 導電膜を形成する工程。

【請求項 20】 請求項 19 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 接続孔の内部に形成された前記第 3 導電膜は、ソース線の一部として作用し、前記第 2 接続孔の内部に形成された前記第 4 導電膜は、データ線の一部として作用することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 21】 請求項 20 記載の半導体集積回路装置の製造方法において

、前記複数のゲート電極のそれぞれは、フラッシュメモリのメモリセルを構成し、前記メモリセルの書き込みは、前記フローティングゲート電極に電荷を注入して行い、前記メモリセルの消去は、前記フローティングゲート電極に注入された前記電荷を前記半導体基板に放出して行うことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体集積回路装置およびその製造技術に関し、特に、電氣的に一括消去・再書き込み可能な不揮発性半導体記憶装置（フラッシュメモリ）を含んだ半導体集積回路装置に適用して有効な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体集積回路装置の製造プロセスでは、半導体基板上に堆積した酸化シリコン膜をエッチングしてコンタクトホールを形成する際、コンタクトホールの底部に露出した下層の酸化シリコン膜が過剰にエッチングされるのを防止する対策として、コンタクトホールを形成する上層の酸化シリコン膜と下層の酸化シリコン膜との間に窒化シリコン膜を設け、これをエッチングのストッパとして利用することにより、上層の酸化シリコン膜のみをエッチングする技術が使用されている（例えば特開平11-26574号公報など）。

【0003】

また、近年の大容量DRAM（Dynamic Random Access Memory）の製造プロセスでは、微細化されたゲート電極のスペースにビット線や容量素子と半導体基板とを接続するコンタクトホールを形成する際、ゲート電極の上部を覆う絶縁膜（キャップ絶縁膜または保護絶縁膜などと呼ばれる）と側壁を覆う絶縁膜（側壁絶縁膜）とを窒化シリコン膜で構成し、酸化シリコン膜と窒化シリコン膜とのエッチングレート差を利用することによって、上記コンタクトホールをゲート電極のスペースに対して自己整合的に形成するセルフアライン・コンタクト（Self Align Contact；SAC）技術が採用されている（例えば特開平9-252098号

公報など)。

【0004】

また近年は、DRAM以外の半導体記憶装置の製造プロセスにも上記SAC技術が採用されつつある。例えば特開平10-289951号公報には、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) の製造プロセスにSAC技術を適用した発明が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

フラッシュメモリの一種にNOR型フラッシュメモリがある。NOR型フラッシュメモリのメモリセルは、ゲート酸化膜とその上部のコントロールゲート電極(ワード線)との間に設けられ、周囲と電氣的に絶縁されたフローティング(浮遊)ゲート電極を電荷の蓄積領域とする、いわゆるフローティングゲート型MISFET (Metal Insulator Semiconductor Field Effect Transistor) で構成される。フローティングゲート型MISFETは、半導体基板主表面に形成された薄いゲート絶縁膜を介して形成されたフローティングゲート電極の上部にコントロールゲート電極(ワード線)を積層することから、メモリセルサイズを比較的小さくすることができ、大容量化に適したメモリセル構造といえる。

【0006】

上記NOR型フラッシュメモリの場合、メモリセルへの書き込み動作の代表的な方法として、フローティングゲート電極中に電子を注入し、コントロールゲート電極から見たトランジスタのしきい値電圧(V_{th})を電子の蓄積のない状態と比較して上昇させることが行なわれている。フローティングゲート電極への電子の注入は、代表的な例として、ソース・ドレイン通路に流れるチャネル電流をドレイン近傍でホットエレクトロンとすることによって、正電圧にバイアスされたコントロールゲート電極の電界によりフローティングゲート電極へ引き込む方式があり、その他の例として、アバランシェ・ブレイクダウンによって発生するドレイン近傍のホットエレクトロンをコントロールゲート電極に印加した正電圧によってフローティングゲート電極へ引き込む方式がある。一方、消去動作の代表的な例としては、フローティングゲート電極に蓄積された電子をフローティングゲ

ート電極下のゲート絶縁膜にF Nトンネルリング (Fowler-Nordheim Tunneling) させることにより、半導体基板のソース或いはドレイン領域に放出させる方式が行われている。

【 0 0 0 7 】

また、N O R型フラッシュメモリは、一方向に並行して延在する所定数のワード線と、これらのワード線と直交する方向に並行して延在する所定数のデータ線との各交点に格子状にメモリセルを配置し、これらのメモリセルを構成するM I S F E Tのドレイン領域にデータ線を接続し、ソース領域にソース線を接続する。従って、N O R型フラッシュメモリを大容量化するためにメモリセルサイズを微細化した場合は、ドレイン領域にデータ線を接続するためのコンタクトホールや、ソース領域にソース線を接続するためのコンタクトホールを形成する際に前述したS A C技術が不可欠となる。

【 0 0 0 8 】

しかし、S A C技術は、コントロールゲート電極の上部を保護する絶縁膜を窒化シリコン膜で形成するため、この技術をフラッシュメモリの製造プロセスに導入した場合は、コントロールゲート電極上の窒化シリコン膜がゲート酸化膜やその下部の基板に大きなストレスを及ぼし、ゲート酸化膜中に結晶欠陥を引き起こす結果、フローティングゲート電極に蓄積された電荷が基板にリークし易くなる、というフローティングゲート型M I S F E Tに特有の問題が生じることが本発明者らの検討によって明らかとなった。

【 0 0 0 9 】

そこで、本発明者らは、コントロールゲート電極上の保護絶縁膜を窒化シリコン膜に替えて酸化シリコン膜、または酸化シリコン膜と窒化シリコン膜との積層膜で形成し、側壁絶縁膜を窒化シリコン膜で形成することによって、ゲート酸化膜やその下部の基板へのストレスを抑制しつつ、S A C技術を利用してメモリセルの微細加工を実現することを検討した。

【 0 0 1 0 】

ところが、コントロールゲート電極上の保護絶縁膜を酸化シリコン膜で形成した場合は、M I S F E Tの製造工程で次のような問題が生じることが明らかとな

った。これを図45～図50を用いて説明する。

【0011】

フローティングゲート電極とコントロールゲート電極とを有する2層ゲート構造のMISFETを形成するには、まず図45に示すように、半導体基板100の主面に形成したゲート酸化膜101上にフローティングゲート用の多結晶シリコン膜102A、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜および酸化シリコン膜からなるONO膜103、コントロールゲート用の多結晶シリコン膜104A、保護絶縁膜である酸化シリコン膜105をこの順に堆積する。

【0012】

次に、図46に示すように、フォトレジスト膜106をマスクにして酸化シリコン膜105をドライエッチングする。続いてフォトレジスト膜106を除去した後、図47に示すように、酸化シリコン膜105をマスクにして下層の多結晶シリコン膜104A、ONO膜103および多結晶シリコン膜102Aを順次ドライエッチングすることにより、多結晶シリコン102Aからなるフローティングゲート電極102および多結晶シリコン膜104Aからなるコントロールゲート電極104（ワード線WL）を形成する。

【0013】

次に、図48に示すように、ゲート電極（フローティングゲート電極102およびコントロールゲート電極104）のスペース領域の半導体基板100に不純物をイオン注入し、続いて半導体基板100を熱処理して上記不純物を拡散させることにより、MISFETのソース領域およびドレイン領域を構成する不純物導入領域107を形成する。

【0014】

次に、図49に示すように、上記ゲート電極の加工工程や不純物のイオン注入工程でゲート酸化膜101に生じたダメージを除去するために、フッ酸水溶液を使ってゲート酸化膜101をエッチング（ウェット洗浄）する。ゲート酸化膜101に生じたダメージは、フローティングゲート電極102に注入された電子がフローティングゲート電極102の端部から半導体基板100にリークするパスとなるなど、ゲート酸化膜101の膜質を劣化させる原因となるので、このエッ

チング（ウェット洗浄）で十分に除去しておく必要がある。

【 0 0 1 5 】

ところが、フッ酸水溶液を使ってゲート酸化膜 1 0 1 を洗浄すると、コントロールゲート電極 1 0 4 の上部を覆う保護絶縁膜である酸化シリコン膜 1 0 5 の表面も同時にエッチングされ、図示したように、酸化シリコン膜 1 0 5 の側壁がゲート電極の中心方向に後退する。

【 0 0 1 6 】

そのため、図 5 0 に示すように、次の工程で半導体基板 1 0 0 上に側壁絶縁膜である窒化シリコン膜 1 0 8 を堆積した際に、コントロールゲート電極 1 0 4 と酸化シリコン膜 1 0 5 との境界部近傍の窒化シリコン膜 1 0 8 に段差が発生する。その結果、SAC 技術を使ってゲート電極（フローティングゲート電極 1 0 2 およびコントロールゲート電極 1 0 4）のスペース領域にコンタクトホールを形成する際、上記段差部の窒化シリコン膜 1 0 8 が削れてその膜厚が薄くなるために、その後、コンタクトホールに埋め込まれるメタル膜とコントロールゲート電極 1 0 4 とが上記段差部近傍で極めて接近し、場合によっては両者が短絡する不良が発生する。なお、このような問題は、コントロールゲート電極 1 0 4 の上部を覆う保護絶縁膜を酸化シリコン膜と窒化シリコン膜との積層膜で形成した場合にも生じる。

【 0 0 1 7 】

このように、窒化シリコン膜に起因するゲート酸化膜やその下部の基板へのストレスを抑制するために、コントロールゲート電極の上部を覆う保護絶縁膜の一部または全部を酸化シリコン膜で形成した場合は、SAC 技術を利用した M I S F E T の微細加工を実現することが極めて困難になることが本発明者らの検討によって明らかとなった。

【 0 0 1 8 】

本発明の目的は、窒化シリコン膜によるゲート酸化膜やその下部の基板へのストレスを抑制しつつ、SAC 技術を利用した M I S F E T の微細加工を実現することのできる技術を提供することにある。

【 0 0 1 9 】

本発明の他の目的は、フラッシュメモリの大容量化、微細化を推進することのできる技術を提供することにある。

【 0 0 2 0 】

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【 0 0 2 1 】

【課題を解決するための手段】

本願において開示される発明のうち、代表的な実施態様について説明すれば、次のとおりである。

【 0 0 2 2 】

本発明の一つの態様によれば、半導体基板の主面上に互いに隣接して形成され、それぞれが第1ゲート絶縁膜と、フローティングゲート電極と、第2ゲート絶縁膜と、コントロールゲート電極と、第1保護絶縁膜とからなり、それらの順で積層された少なくとも一对の積層構造体によって少なくとも二辺が区画される接続孔（コンタクトホール）を含む半導体集積回路装置を対象とし、上記第1保護絶縁膜の両側壁部にはエッチング防止膜を有している。このエッチング防止膜は、上記第1保護絶縁膜とともに前記第1ゲート絶縁膜のエッチング工程に曝されたとき、第1保護絶縁膜に比べ、エッチングしにくいもの、すなわち、エッチング選択比が異なるものであり、或いは実質的にエッチングされないものである。好ましい態様において、上記第1保護絶縁膜は酸化シリコン膜を含み、その側壁部に形成される上記エッチング防止膜は窒化シリコン膜である。

【 0 0 2 3 】

SAC技術により、一对の上記積層構造体間に存在する酸化シリコン膜のような層間絶縁膜に接続孔を形成する場合、まず、サイドスペーサ用の薄い窒化シリコン膜を積層構造体表面全体に沿って形成し、その上面に積層構造体間の溝を埋めるように層間絶縁膜を形成する。そして、この酸化シリコン膜のような層間絶縁膜に対し、エッチングされにくい下地のサイドスペーサ用絶縁膜である窒化シリコン膜をエッチングの停止層（ストッパー）として使用して、上記層間絶縁膜をエッチング除去する。この場合、上記第1保護絶縁膜を覆うサイドスペーサ用

窒化シリコン膜にエッチング停止層として十分な厚さを確保できないとき、上記層間絶縁膜の接続孔形成のために必要なエッチング量に耐え得るように、第1保護絶縁膜は酸化シリコン膜の上層に窒化シリコン膜を積層した多層膜としても良い。これによって、上記第1保護絶縁膜の窒化シリコン膜をエッチング停止層の一部として使用できる。上記態様によれば、コントロールゲート電極に積層される半導体基板にストレスを与える窒化シリコン材料のような保護絶縁膜材料の使用を省略または低減できる。

【 0 0 2 4 】

本発明の他の態様によれば、半導体基板主面にM I Sトランジスタ構造を含む半導体集積回路装置の製造方法を対象とし、半導体基板の主面の活性領域を覆って形成された第1ゲート絶縁膜を形成する工程と、フローティングゲート電極と、第2ゲート絶縁膜と、コントロールゲート電極と、第1保護絶縁膜とからなり、それらの順で積層された少なくとも一对の積層構造体に形成する工程と、前記一对の積層構造体間に露出する前記第1ゲート絶縁膜を通してソースまたはドレインを形成するための不純物を導入する工程と、上記不純物導入工程によってダメージを受けた前記第1ゲート絶縁膜の露出部分を除去或いは洗浄する工程とを含み、前記除去または洗浄工程において上記第1保護絶縁膜の側壁部が後退しないように、上記積層構造体の形成工程において、上記第1保護絶縁膜の側壁部にエッチング防止膜を形成することを特徴とする。好ましい態様において、上記第1保護絶縁膜は酸化シリコン膜を含み、上記と同様な理由により、酸化シリコン膜と窒化シリコン膜の多層膜にしても良い。一方、第1保護絶縁膜の側壁部を覆う上記エッチング保護膜は窒化シリコン膜である。これによって、コントロールゲート電極に積層される半導体基板にストレスを与える窒化シリコン材料のような保護絶縁膜材料の使用を省略または低減できる。また、上記第1ゲート絶縁膜の露出部分を除去或いは洗浄する工程において、フローティングゲート電極下から露出する第1ゲート絶縁膜の除去或いは洗浄を、通常のM I Sトランジスタの製造工程において行われる洗浄に比べ、十分な除去或いは洗浄とすることができる。従って、特に、第1ゲート絶縁膜のダメージ部分を除去することができるので、フラッシュメモリの書き込み情報の保持特性を良好なものとすることができ

る。

【 0 0 2 5 】

本発明のさらに他の態様によれば、フラッシュメモリのM I Sトランジスタ構造を含む次の工程を含む半導体集積回路装置の製造方法に向けられている。すなわち、

(a) 半導体基板の主面に酸化シリコン膜からなる第1ゲート絶縁膜を形成し、前記第1ゲート絶縁膜上に第1導電膜、第2ゲート絶縁膜および第2導電膜をこの順に形成する工程、

(b) 前記第2導電膜上に酸化シリコン膜の単層膜、または酸化シリコン膜上に窒化シリコン膜を形成した積層膜からなる第1保護絶縁膜を形成する工程、

(c) 前記第1保護絶縁膜をパターニングすることにより、前記第1保護絶縁膜からなるエッチングマスクを形成する工程、

(d) 前記エッチングマスクをマスクに用いたドライエッチングで前記第2導電膜、前記第2ゲート絶縁膜および前記第1導電膜をこの順にパターニングすることにより、前記第1導電膜からなるフローティングゲート電極と前記第2導電膜からなるコントロールゲート電極とを有し、前記コントロールゲート電極の上部が前記第1保護絶縁膜で覆われた積層構造のゲート電極を複数形成する工程、

(e) 前記(c)工程の後、前記(d)工程に先立って、または前記(d)工程の後、パターニングされた前記第1保護絶縁膜の両側壁部に窒化シリコン膜からなるエッチング防止膜を形成する工程、

(f) 前記複数のゲート電極の互いに対向する側壁部間に位置する前記半導体基板の主面に不純物を導入することによって、ソース領域およびドレイン領域を形成する工程、

(g) 前記(f)工程の後、フッ酸を含んだエッチング液を用いて前記半導体基板の表面を処理することにより、前記複数のゲート電極の互いに対向する側壁部間に位置する前記第1ゲート絶縁膜を洗浄する工程、

(h) 前記(g)工程の後、前記複数のゲート電極のそれぞれの上部および両側壁部を覆い、前記複数のゲート電極の互いに対向する側壁部間を埋め込まない程度の膜厚を有する窒化シリコン膜からなる第2保護絶縁膜を形成する工程、

(i) 前記第 2 保護絶縁膜の上部に酸化シリコン膜からなる層間絶縁膜を形成し、前記複数のゲート電極の互いに対向する側壁部間を前記層間絶縁膜で埋め込む工程、

(j) 前記複数のゲート電極の互いに対向する側壁部間に位置する前記層間絶縁膜および前記第 2 保護絶縁膜をエッチングすることにより、前記ソース領域の表面を露出する第 1 接続孔および前記ドレイン領域の表面を露出する第 2 接続孔を形成する工程、および

(k) 前記第 1 接続孔の内部に、前記ソース領域と電氣的に接続される第 3 導電膜を形成し、前記第 2 接続孔の内部に、前記ドレイン領域と電氣的に接続される第 4 導電膜を形成する工程

を含む。このような形態によれば、コントロールゲート電極の上部を覆う第 1 保護絶縁膜を酸化シリコン膜で構成することにより、第 1 ゲート酸化膜やその下部の半導体基板に及ぼすストレスが低減され、第 1 ゲート酸化膜中に結晶欠陥が発生するのを抑制することができる。

【 0 0 2 6 】

また、上記酸化シリコン膜からなる第 1 保護絶縁膜の両側壁部に窒化シリコン膜からなるエッチング防止膜を形成することにより、フッ酸を含んだエッチング液で第 1 ゲート絶縁膜を洗浄する際に第 1 保護絶縁膜がエッチングされて後退する不具合を防止することができる。

【 0 0 2 7 】

さらに、第 1 保護絶縁膜の後退が防止され、従って、上記第 2 保護絶縁膜である窒化シリコン膜の異方性エッチング処理時における該第 2 保護絶縁膜の側壁部の不要なエッチング除去も防止される。これによって、図 5 0 を参照した上述のような、ドレイン領域或いはソース領域にコンタクトする導電膜とコントロールゲート電極との間の耐圧低下の問題、或いはそれら導体間短絡の問題を防止することができる。

【 0 0 2 8 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形

態を説明するための全図において、同一の機能を有する部材には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【 0 0 2 9 】

(実施の形態 1)

図 1 は、本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリ（電氣的に一括消去・再書き込み可能な不揮発性半導体記憶装置）の主要部を示すブロック図である。

【 0 0 3 0 】

フラッシュメモリは、単結晶シリコンからなる 1 個の半導体チップの主面に形成されており、記憶部を構成するメモリアレイ（M A R Y）とその周囲に配置された周辺回路部とを有している。

【 0 0 3 1 】

メモリアレイ（M A R Y）は、図の左右方向に並行して延在する所定数のワード線 W L と、図の上下方向に並行して延在する所定数のデータ線 D L と、これらのワード線 W L およびデータ線 D L の各交点に格子状に配置された多数のメモリセル M C を含んでいる。メモリセル M C は、フローティングゲート電極とコントロールゲート電極とを有する 2 層ゲート構造の M I S F E T で構成されている。この M I S F E T の構造および製造方法については、後に詳述する。

【 0 0 3 2 】

本実施形態のフラッシュメモリは、例えば N O R 型のメモリアレイ構造を採用している。N O R 型のフラッシュメモリは、同一行に配置される所定数（例えば 1 6 個）のメモリセル M C を単位としてセルユニットを構成する。セルユニットを構成する各メモリセル M C のコントロールゲート電極は、対応するワード線 W L に接続される。また、各メモリセル M C のドレイン領域は、対応するデータ線 D L に接続され、ソース領域は、図の上下方向に延在するソース線 S L に接続される。

【 0 0 3 3 】

上記ワード線 W L は、X アドレスデコーダ X D に接続され、ソース線 S L は、ソース電圧制御回路 S V C に接続される。また、データ線 D L は、センスアンプ S A および Y スイッチ回路 Y S を介して入出力回路 I O に接続される。

【0034】

XアドレスデコーダXDには、XアドレスバッファXBから内部Xアドレス信号が供給されると共に、タイミング発生回路TGから各種内部制御信号が供給され、内部電圧発生回路VGから各種内部電圧が供給される。また、ソース電圧制御回路SVCには、YアドレスバッファYBから内部Yアドレス信号が供給されると共に、タイミング発生回路TGから各種内部制御信号が供給され、内部電圧発生回路VGから各種内部電圧が供給される。さらに、Yスイッチ回路YSには、YアドレスデコーダYDからデータ線選択信号が供給され、YアドレスデコーダYDには、YアドレスバッファYBから内部Yアドレス信号が供給される。XアドレスバッファXBには、外部装置からXアドレス信号が供給され、YアドレスバッファYBには、Yアドレス信号が供給される。

【0035】

XアドレスバッファXBは、供給されたXアドレス信号をもとに内部Xアドレス信号を形成し、これをXアドレスデコーダXDに供給する。また、XアドレスデコーダXDは、XアドレスバッファXBから供給される内部Xアドレス信号をデコードし、メモリアレイ(MARY)のワード線WLを選択または非選択レベルとする。

【0036】

一方、YアドレスバッファYBは、供給されたYアドレス信号をもとに内部Yアドレス信号を形成し、これをソース電圧制御回路SVCおよびYアドレスデコーダYDに供給する。また、ソース電圧制御回路SVCは、YアドレスバッファYBから供給される内部Yアドレス信号をデコードし、メモリアレイ(MARY)のソース線SLを選択または非選択レベルとする。YアドレスデコーダYDは、YアドレスバッファYBから供給される内部Yアドレス信号をデコードし、Yスイッチ回路YSに対するデータ線選択信号を選択レベルとする。さらに、Yスイッチ回路YSは、YアドレスデコーダYDから供給されるデータ線選択信号のハイレベルを受けてセンスアンプSAの対応する回路と入出力回路IOとの間を選択的に接続する。

【0037】

タイミング発生回路TGは、外部装置から起動制御信号として供給されるチップイネーブル信号(CEB)、ライトイネーブル信号(WEB)および出力イネーブル信号(OEB)をもとに各種内部制御信号を選択的に形成し、フラッシュメモリの各部に供給する。また、内部電圧発生回路VGは、外部装置から供給される電源電圧(VccおよびVss)をもとに各種内部電圧を生成し、フラッシュメモリの各部に供給する。電源電圧Vccは、例えば3.3Vのような正電位である。また、内部電圧発生回路VGにより生成される内部電圧には、書き込み、消去あるいは読み出し動作に必要な、例えば10V、3Vあるいは1Vといった各種電位が含まれる。

【0038】

図2は、上記メモリアレイ(MARY)の要部平面図、図3は、図2のA-A線に沿った断面図、図4は、図2のB-B線に沿った断面図、図5は、図4の拡大断面図である。

【0039】

p型の単結晶シリコンからなる半導体基板(以下、基板という)1にはp型ウエル4が形成されている。このp型ウエル4には、周囲が素子分離溝2で囲まれた多数の活性領域Lが形成されている。これらの活性領域Lは、図2の左右方向に並行して延在する長い帯状の平面パターンを有している。

【0040】

メモリアレイ(MARY)の基板1上には、図2の左右方向に並行して延在する多数のワード線WLと、図2の上下方向、すなわちワード線WLと直交する方向に並行して延在する多数のデータ線DLとが形成され、これらのワード線WLとデータ線DLとの交点に多数のメモリセルMCが格子状に配置されている。

【0041】

上記メモリセルMCを構成するMISFETは、p型ウエル4の表面に形成されたゲート酸化膜(第1ゲート絶縁膜)6と、ゲート酸化膜6上に形成されたフローティングゲート電極7と、フローティングゲート電極7上に形成されたONO膜(第2ゲート絶縁膜)8と、ONO膜8上に形成されたコントロールゲート電極9と、ゲート電極(フローティングゲート電極7およびコントロールゲート

電極 9) の両側の p 型ウエル 4 に形成された n 型不純物導入領域 (ソース領域、ドレイン領域) 2 0 とを含んでいる。

【0 0 4 2】

上記 M I S F E T のコントロールゲート電極 9 は、活性領域 L 以外の領域ではワード線 W L を構成している。また、M I S F E T の n 型不純物導入領域 2 0 の一方 (ドレイン領域) には、その上部に形成されたコンタクトホール (接続孔) 2 7 を通じてデータ線 D L が接続され、他方 (ソース領域) には、その上部に形成されたコンタクトホール (接続孔) 2 8 を通じてソース線 S L が接続されている。

【0 0 4 3】

図 5 に示すように、メモリセル M C を構成する M I S F E T のコントロールゲート電極 9 (ワード線 W L) 上には、酸化シリコン膜 (第 1 保護絶縁膜) 1 5 が形成されており、この酸化シリコン膜 1 5 の側壁には窒化シリコン膜からなるエッチング防止膜 1 7 が形成されている。このエッチング防止膜 1 7 の機能については後述する。また、ゲート電極 (フローティングゲート電極 7 およびコントロールゲート電極 9) の側壁および酸化シリコン膜 1 5 の上面には、窒化シリコン膜 (第 2 保護絶縁膜) 2 2 が形成されている。この窒化シリコン膜 2 2 は、後述するように、前記コンタクトホール 2 7、2 8 をゲート電極 (フローティングゲート電極 7 およびコントロールゲート電極 9) に対して自己整合 (セルフアライン) で形成するために使用される。

【0 0 4 4】

メモリセル M C への書き込み動作は、選択したメモリセル M C のドレイン領域に 6 V の電圧、コントロールゲート電極 9 に 9 V の電圧をそれぞれ印加し、一方、ソース領域およびウエル 4 を基準電位 (ゼロ電位) とする。これにより、ドレイン領域の端部に電界強度のピークが生じ、チャネル電流がこの領域でホットエレクトロン (e^-) となって、ゲート酸化膜 6 を通じてフローティングゲート電極 7 に注入されることにより、書き込みが行われる。

【0 0 4 5】

また、読み出し動作は、選択したメモリセル M C のドレイン領域に 1 V の電圧

を、コントロールゲート電極 9 に 5 V の電圧をそれぞれ印加し、ソース領域およびウエル 4 を基準電位（ゼロ電位）にする。これにより、選択トランジスタのドレイン電流の有無を検出することにより、蓄積情報を検知する。一方、消去動作は、メモリセル MC のドレイン領域およびウエル領域をフローティング状態とし、コントロールゲート電極 9 に 0 V の電圧、ソース領域に 1 4 V の電圧を印加し、フローティングゲート電極 7 中に蓄積された電子を、ゲート酸化膜 6 の FN トンネリングによって、ソース領域側へ放出することにより行う。

【 0 0 4 6 】

次に、本実施形態のフラッシュメモリの製造方法を図 6 ～図 3 8 を用いて工程順に説明する。これらの図のうち、符号 A - A を付した断面図は、前記図 2 の A - A 線に沿った断面図、符号 B - B を付した断面図は、前記図 2 の B - B 線に沿った断面図である。

【 0 0 4 7 】

まず、図 6（メモリアレイ領域の要部平面図）および図 7 に示すように、基板 1 の主面の素子分離領域に複数の素子分離溝 2 を形成する。素子分離溝 2 は、基板 1 の主面をエッチングして深さ 2 5 0 n m 程度の溝を形成し、続いてこの溝の内部を含む基板 1 上に C V D 法で膜厚 6 0 0 n m 程度酸化シリコン膜 3 を堆積した後、溝の外部の不要な酸化シリコン膜 3 を化学機械研磨 (Chemical Mechanical Polishing; CMP) 法で研磨、除去することによって形成する。図 6 に示すように、これらの素子分離溝 2 を形成することにより、メモリアレイ領域の基板 1 には、図の左右方向に並行して延在する長い帯状の平面パターンを有する多数の活性領域 L が形成される。

【 0 0 4 8 】

次に、図 8 に示すように、基板 1 の表面に p 型不純物、例えば B（ホウ素）をイオン注入した後、基板 1 を 1 0 0 0 ° C 程度で熱処理して p 型不純物を基板 1 内に拡散させることにより、p 型ウエル 4 を形成する。続いて、基板 1 を 8 0 0 ° C ～ 9 0 0 ° C で湿式酸化することにより、p 型ウエル 4 の表面に膜厚 1 0 n m 程度のゲート酸化膜 6 を形成する。

【 0 0 4 9 】

次に、図 9 および図 1 0 に示すように、基板 1 上に C V D 法で膜厚 7 0 n m ～ 1 0 0 n m 程度の多結晶シリコン膜 7 A を堆積する。多結晶シリコン膜 7 A には、その堆積工程中に n 型不純物、例えばリン (P) をドーピングする。あるいは、ノンドーピングの多結晶シリコン膜 7 A を堆積した後にイオン注入法で n 型不純物をドーピングしてもよい。多結晶シリコン膜 7 A は、メモリセルを構成する M I S F E T のフローティングゲート電極 7 として使用される。

【 0 0 5 0 】

次に、図 1 1、図 1 2 および図 1 3 に示すように、フォトリジスト膜をマスクにして多結晶シリコン膜 7 A をドライエッチングすることにより、活性領域 L の上部に、その延在方向に沿って延在する長い帯状の平面パターンを有する多結晶シリコン膜 7 B を形成する。

【 0 0 5 1 】

次に、図 1 4 および図 1 5 に示すように、多結晶シリコン膜 7 B が形成された基板 1 上に酸化シリコン膜、窒化シリコン膜および酸化シリコン膜からなる O N O 膜 8 を形成する。O N O 膜 8 は、メモリセルを構成する M I S F E T の第 2 ゲート絶縁膜として使用され、例えば基板 1 上に C V D 法で膜厚 5 n m の酸化シリコン膜、膜厚 7 n m の窒化シリコン膜および膜厚 4 n m の酸化シリコン膜を順次堆積することによって形成する。

【 0 0 5 2 】

次に、図 1 6 および図 1 7 に示すように、O N O 膜 8 の上部に膜厚 2 0 0 n m 程度の多結晶シリコン膜 9 A を形成し、続いて多結晶シリコン膜 9 A の上部に膜厚 3 0 0 n m 程度の酸化シリコン膜 1 5 を形成する。多結晶シリコン膜 9 A は、C V D 法で堆積し、その後、イオン注入法で膜中に n 型不純物をドーピングする。酸化シリコン膜 1 5 は、例えばテトラエトキシシランガスを 7 0 0 ° C 程度で熱分解する熱 C V D 法で堆積する。多結晶シリコン膜 9 A は、メモリセルを構成する M I S F E T のコントロールゲート電極 9 およびワード線 W L として使用される。また、酸化シリコン膜 1 5 は、コントロールゲート電極 9 の上部を保護する絶縁膜として使用される。

【 0 0 5 3 】

このように、本実施形態では、コントロールゲート電極 9 の上部を保護する絶縁膜を酸化シリコン膜 1 5 で構成するので、この絶縁膜を窒化シリコン膜で構成した場合のように、ゲート酸化膜 6 やその下部の基板 1 に大きなストレスが生じることはない。これにより、ゲート酸化膜 6 中に結晶欠陥が発生するのを抑制することができるので、リーク電流が極めて少ない高品質のゲート酸化膜 6 を実現することができる。

【 0 0 5 4 】

次に、図 1 8 に示すように、フォトレジスト膜 1 6 をマスクにして酸化シリコン膜 1 5 をドライエッチングすることにより、多結晶シリコン膜 9 A の一部を露出させる。ドライエッチング後の酸化シリコン膜 1 5 は、活性領域 L の延在方向と直交する方向に延在する長い帯状の平面パターンを有している。

【 0 0 5 5 】

次に、フォトレジスト膜 1 6 を除去した後、図 1 9 に示すように、基板 1 上に CVD 法で膜厚 1 5 n m ~ 3 0 n m 程度の薄い窒化シリコン膜 1 7 A を堆積し、続いて図 2 0 に示すように、上記窒化シリコン膜 1 7 A を異方的にドライエッチングして酸化シリコン膜 1 5 の側壁のみに残すことにより、この側壁に窒化シリコン膜 1 7 A からなるエッチング防止膜 1 7 を形成する。

【 0 0 5 6 】

次に、図 2 1 に示すように、側壁にエッチング防止膜 1 7 が形成された酸化シリコン膜 1 5 をマスクにして多結晶シリコン膜 9 A をドライエッチングし、さらに図 2 2 に示すように、多結晶シリコン膜 9 A の下層の ONO 膜 8 および多結晶シリコン膜 7 B を順次ドライエッチングすることにより、多結晶シリコン 7 B からなるフローティングゲート電極 7 および多結晶シリコン膜 9 A からなるコントロールゲート電極 9 (ワード線 WL) を形成する。図 2 3 に示すように、コントロールゲート電極 9 (ワード線 WL) は、活性領域 L の延在方向と直交する方向 (図の上下方向) に並行して延在する長い帯状の平面パターンを有している。

【 0 0 5 7 】

次に、図 2 4 に示すように、メモリセルを構成する MISFET のソース領域およびドレイン領域を形成するために、ゲート電極 (フローティングゲート電極

7 およびコントロールゲート電極 9) のスペース領域の p 型ウエル 4 に n 型不純物 (例えばヒ素 (As)) をイオン注入する。続いて、図 25 に示すように、メモリセルを構成する MISFET の短チャネル効果を抑制するために、上記スペース領域の p 型ウエル 4 に p 型不純物 (ホウ素 (B)) をイオン注入する。p 型不純物のイオン注入は、斜めイオン注入法を用い、n 型不純物よりも広い領域に導入する。

【0058】

次に、図 26 に示すように、基板 1 を約 900℃ で熱処理し、上記 n 型不純物および p 型不純物を p 型ウエル 4 内に拡散させることにより、MISFET のソース領域およびドレイン領域を構成する n 型不純物導入領域 20 と、n 型不純物導入領域 20 を取り囲むパンチスルーストップ用の p 型不純物導入領域 21 とを形成する。

【0059】

ここまでの工程で、ゲート電極 (フローティングゲート電極 7 およびコントロールゲート電極 9) のスペース領域のゲート酸化膜 6 には、ゲート電極の加工工程や不純物のイオン注入工程で生じたダメージが残っている。このダメージは、フローティングゲート電極 7 に注入された電子がフローティングゲート電極 7 の端部から基板 1 にリークするパスとなるなど、ゲート酸化膜 6 の品質を劣化させるため、十分に除去しておく必要がある。

【0060】

そこで、図 27 に示すように、フッ酸水溶液 ($\text{HF} : \text{H}_2\text{O} = 1 : 99$) を使ってゲート酸化膜 6 をエッチングする。ゲート酸化膜 6 中のダメージを十分に除去するためには、図 28 に拡大して示すように、フローティングゲート電極 7 の側壁端部下のゲート酸化膜 6 (矢印で示す箇所) が、少なくともその膜厚分程度、後退するまでエッチングすることが望ましい。

【0061】

前述したように、本実施形態では、コントロールゲート電極 9 の上部を保護する酸化シリコン膜 15 の側壁に窒化シリコン膜からなるエッチング防止膜 17 を形成する。そのため、上記したゲート酸化膜 6 中のダメージを除去するためのエ

ッチング工程で酸化シリコン膜 1 5 の側壁がエッチングされ、ゲート電極の中心方向に後退することはない。

【 0 0 6 2 】

次に、図 2 9 および図 3 0 (図 2 9 の拡大図) に示すように、基板 1 を約 8 5 0 ℃ で湿式酸化することによって、ゲート電極 (フローティングゲート電極 7 およびコントロールゲート電極 9) のスペース領域すなわち n 型不純物導入領域 (ソース領域、ドレイン領域) 2 0 の表面と、フローティングゲート電極 7 の側壁端部下とに膜厚 1 0 n m 程度の清浄で、ダメージのない高品質のゲート酸化膜 6 を再形成する。

【 0 0 6 3 】

次に、図 3 1 に示すように、基板 1 上に C V D 法で膜厚 1 3 0 n m 程度の窒化シリコン膜 2 2 を堆積し、続いてその上部に C V D 法で膜厚 2 0 0 n m 程度の酸化シリコン膜 2 3 を堆積する。窒化シリコン膜 2 2 の膜厚は、ゲート電極 (フローティングゲート電極 7 およびコントロールゲート電極 9) のスペースの半分以下とし、このスペース領域が窒化シリコン膜 2 2 で完全に埋まらないようにする。一方、酸化シリコン膜 2 3 は、このスペース領域を完全に埋め込むように堆積する。

【 0 0 6 4 】

次に、図 3 2 に示すように、酸化シリコン膜 2 3 の上部に C V D 法で膜厚 8 0 0 n m 程度の酸化シリコン膜 2 4 を堆積し、続いて酸化シリコン膜 2 4 を化学機械研磨法で研磨してその表面を平坦化した後、酸化シリコン膜 2 4 の上部に C V D 法で膜厚 9 0 n m 程度の酸化シリコン膜 2 5 を堆積する。酸化シリコン膜 2 4 の研磨、平坦化は、メモリアレイと他の領域 (周辺回路部) の段差を低減するために行う。また、酸化シリコン膜 2 5 は、上記研磨工程で酸化シリコン膜 2 4 の表面に生じたスクラッチを埋めるために堆積する。

【 0 0 6 5 】

次に、図 3 3 に示すように、酸化シリコン膜 2 5 の上部に形成したフォトリジスト膜 2 6 をマスクにして、ゲート電極 (フローティングゲート電極 7 およびコントロールゲート電極 9) のスペース領域の酸化シリコン膜 2 5、2 4、2 3 を

ドライエッチングする。このエッチングは、窒化シリコンに対する酸化シリコンのエッチング選択比が大きくなるような条件で行い、窒化シリコン膜 2 2 の表面が露出した段階でエッチングを停止する。

【 0 0 6 6 】

次に、図 3 4 に示すように、ゲート電極（フローティングゲート電極 7 およびコントロールゲート電極 9）のスペース領域の窒化シリコン膜 2 2 およびその下層の薄いゲート酸化膜 6 をドライエッチングすることにより、n 型不純物導入領域（ソース領域、ドレイン領域）2 0 の表面を露出するコンタクトホール 2 7、2 8 を形成する。窒化シリコン膜 2 2 のエッチングは、異方性エッチング法を用い、ゲート電極（フローティングゲート電極 7 およびコントロールゲート電極 9）の側壁に窒化シリコン膜 2 2 を残すようにする。これにより、ゲート電極（フローティングゲート電極 7 およびコントロールゲート電極 9）に対して自己整合（セルフアライン）でコンタクトホール 2 7、2 8 を形成することができる。

【 0 0 6 7 】

図 3 5 は、コンタクトホール 2 7、2 8 の平面パターンを示している。図示のように、n 型不純物導入領域（ソース領域、ドレイン領域）2 0 の一方（ドレイン領域）の上部に形成されるコンタクトホール 2 7 は、活性領域 L 毎に分離された穴状のパターンを有している。すなわち、コンタクトホール 2 7 は、活性領域 L の延在方向に隣接する 2 個の M I S F E T（メモリセル MC）に 1 個の割合で形成される。

【 0 0 6 8 】

これに対し、n 型不純物導入領域（ソース領域、ドレイン領域）2 0 の他方（ソース領域）の上部に形成されるコンタクトホール 2 8 は、コントロールゲート電極 9（ワード線 WL）の延在方向に沿って延在する長い帯状の平面パターンを有している。すなわち、コンタクトホール 2 8 は、コントロールゲート電極 9（ワード線 WL）の延在方向に沿った多数の M I S F E T（メモリセル MC）に共通のコンタクトホールとなる。

【 0 0 6 9 】

次に、図 3 6 に示すように、コンタクトホール 2 7、2 8 を通じて n 型不純物

導入領域（ソース領域、ドレイン領域）20にn型不純物（PまたはAs）をイオン注入することによって、n型不純物導入領域（ソース領域、ドレイン領域）20を低抵抗化する。このイオン注入は、後の工程でコンタクトホール27、28の内部に形成されるプラグ30とn型不純物導入領域（ソース領域、ドレイン領域）20とのコンタクト抵抗を低減するために行う。

【0070】

次に、図37に示すように、コンタクトホール27、28の内部にプラグ30を形成する。プラグ30を形成するには、例えばコンタクトホール27、28の内部を含む酸化シリコン膜25上にスパッタリング法で膜厚10nm程度のTi膜および膜厚80nm程度のTiN膜を堆積し、続いてTiN膜の上部にCVD法で膜厚350nm程度のW膜を堆積した後、コンタクトホール27、28の外部のTi膜、TiN膜およびW膜を化学的機械研磨法で除去する。ソース領域の上部のコンタクトホール28内に形成されたプラグ30は、コントロールゲート電極9（ワード線WL）の延在方向に沿った多数のMISFET（メモリセルMC）に共通のソース線SLを構成する。

【0071】

次に、図38に示すように、酸化シリコン膜25の上部にCVD法で膜厚300nm程度の酸化シリコン膜を堆積した後、フォトリソ膜をマスクにしたドライエッチングでコンタクトホール27の上部の酸化シリコン膜25を除去し、プラグ30の表面を露出するスルーホール32を形成する。

【0072】

その後、スルーホール32の内部を含む酸化シリコン膜25上にスパッタリング法とCVD法とで膜厚350nm程度のW膜を堆積し、続いてフォトリソ膜をマスクにしたドライエッチングでW膜をパターンニングしてデータ線DLを形成することにより、前記図2～図4に示すメモリセルMCが略完成する。その後、データ線DLの上部には層間絶縁膜を介して2層程度のAl配線が形成されるが、その図示は省略する。

【0073】

本実施形態によれば、メモリセルMCを構成するMISFETの特性を劣化さ

せることなく、SAC技術を利用した微細加工を実現できるので、NOR型フラッシュメモリの大容量化、微細化を推進することができる。

【0074】

(実施の形態2)

前記実施の形態1では、メモリセルMCを構成するMISFETのゲート酸化膜6中に結晶欠陥が発生するのを抑制するために、コントロールゲート電極9の上部を保護する絶縁膜を酸化シリコン膜15のみで構成したが、本実施形態では、図39に示すように、コントロールゲート電極9上の保護絶縁膜を酸化シリコン膜15とその上部に堆積した窒化シリコン膜18とで構成する。

【0075】

これにより、メモリセルMCのサイズの微細化と共に、隣接するメモリセルMCとのスペースが縮小し、このスペースよりもコンタクトホール27(28)の径が相対的に大きくなった場合でも、図40に示すように、コンタクトホール27(28)を形成する際のエッチングでコントロールゲート電極9上の酸化シリコン膜15が深く削れる不具合を防止することができる。この場合でも、ゲート酸化膜6中に結晶欠陥が発生するのを抑制するため、窒化シリコン膜18の膜厚は最小限に止めることが望ましい。

【0076】

また、この場合でも、保護絶縁膜(酸化シリコン膜15および窒化シリコン膜18)の側壁に窒化シリコン膜からなるエッチング防止膜17を形成することにより、前述したフッ酸洗浄工程で酸化シリコン膜15の側壁がエッチングされて後退する不具合を防止することができる。

【0077】

また、前記実施の形態1では、前記図18～図22に示したように、酸化シリコン膜15をドライエッチングして多結晶シリコン膜9Aの一部を露出させた後、酸化シリコン膜15の側壁にエッチング防止膜17を形成し、次いで側壁にエッチング防止膜17が形成された酸化シリコン膜15をマスクにして多結晶シリコン膜9A、ONO膜8および多結晶シリコン膜7Bを順次ドライエッチングしたが、図41および図42に示すように、酸化シリコン膜15をマスクにして多

結晶シリコン膜9A、ONO膜8および多結晶シリコン膜7Bをドライエッチングした後、それらの側壁にエッチング防止膜17を形成してもよい。この場合も、前述したフッ酸洗浄工程で酸化シリコン膜15の側壁がエッチングされて後退する不具合を防止することができる。

【0078】

以上、本発明者によってなされた発明を前記実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

【0079】

前記実施の形態では、NOR型フラッシュメモリに適用した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、例えばNAND型フラッシュメモリやAND型フラッシュメモリのように、フローティングゲート電極とコントロールゲート電極とを有する2層ゲート構造のMISFETでメモリセルを構成する他のフラッシュメモリに適用することもできる。すなわち、図43に示すようなNAND型フラッシュメモリの選択MISFET(BDS)のドレイン領域とデータ線DLとを接続するコンタクトホール40を自己整合で形成する場合や、図44に示すような、AND型フラッシュメモリの選択MISFET(BDS)のドレイン領域とデータ線DLとを接続するコンタクトホール41を自己整合で形成する場合などに適用することで、NAND型フラッシュメモリやAND型フラッシュメモリの微細化、大容量化を推進することができる。

【0080】

【発明の効果】

本願によって開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、以下の通りである。

【0081】

本発明によれば、メモリセルを構成するMISFETの特性を劣化させることなく、SAC技術を利用した微細加工を実現することができる。

【0082】

本発明によれば、フラッシュメモリの大容量化、微細化を推進することができ

る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態である N O R 型フラッシュメモリの主要部を示すブロック図である。

【図 2】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリのメモリアレイを示す要部平面図である。

【図 3】

図 2 の A - A 線に沿った半導体基板の要部断面図である。

【図 4】

図 2 の B - B 線に沿った半導体基板の要部断面図である。

【図 5】

図 4 の拡大断面図である。

【図 6】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部平面図である。

【図 7】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 8】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 9】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 1 0】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 1 1】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部平面図である。

【図 1 2】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 1 3】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 1 4】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 1 5】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 1 6】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 1 7】

本発明の実施の形態 1 であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 1 8】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 1 9】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 2 0】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図で

ある。

【図 2 1】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 2 2】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 2 3】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部平面図である。

【図 2 4】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 2 5】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 2 6】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 2 7】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 2 8】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部拡大断面図である。

【図 2 9】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 3 0】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部拡大断面図である。

【図 3 1】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 3 2】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 3 3】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 3 4】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 3 5】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部平面図である。

【図 3 6】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 3 7】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 3 8】

本発明の一実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 3 9】

本発明の他の実施の形態であるフラッシュメモリを示す要部拡大断面図である。

【図 4 0】

本発明の他の実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部拡大断面図である。

【図 4 1】

本発明の他の実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 4 2】

本発明の他の実施の形態であるフラッシュメモリの製造方法を示す要部断面図である。

【図 4 3】

本発明の他の実施の形態である N A N D 型フラッシュメモリの概略回路図である。

【図 4 4】

本発明の他の実施の形態である A N D 型フラッシュメモリの概略回路図である。

【図 4 5】

本発明者らが検討した課題を説明する断面図である。

【図 4 6】

本発明者らが検討した課題を説明する断面図である。

【図 4 7】

本発明者らが検討した課題を説明する断面図である。

【図 4 8】

本発明者らが検討した課題を説明する断面図である。

【図 4 9】

本発明者らが検討した課題を説明する拡大断面図である。

【図 5 0】

本発明者らが検討した課題を説明する拡大断面図である。

【符号の説明】

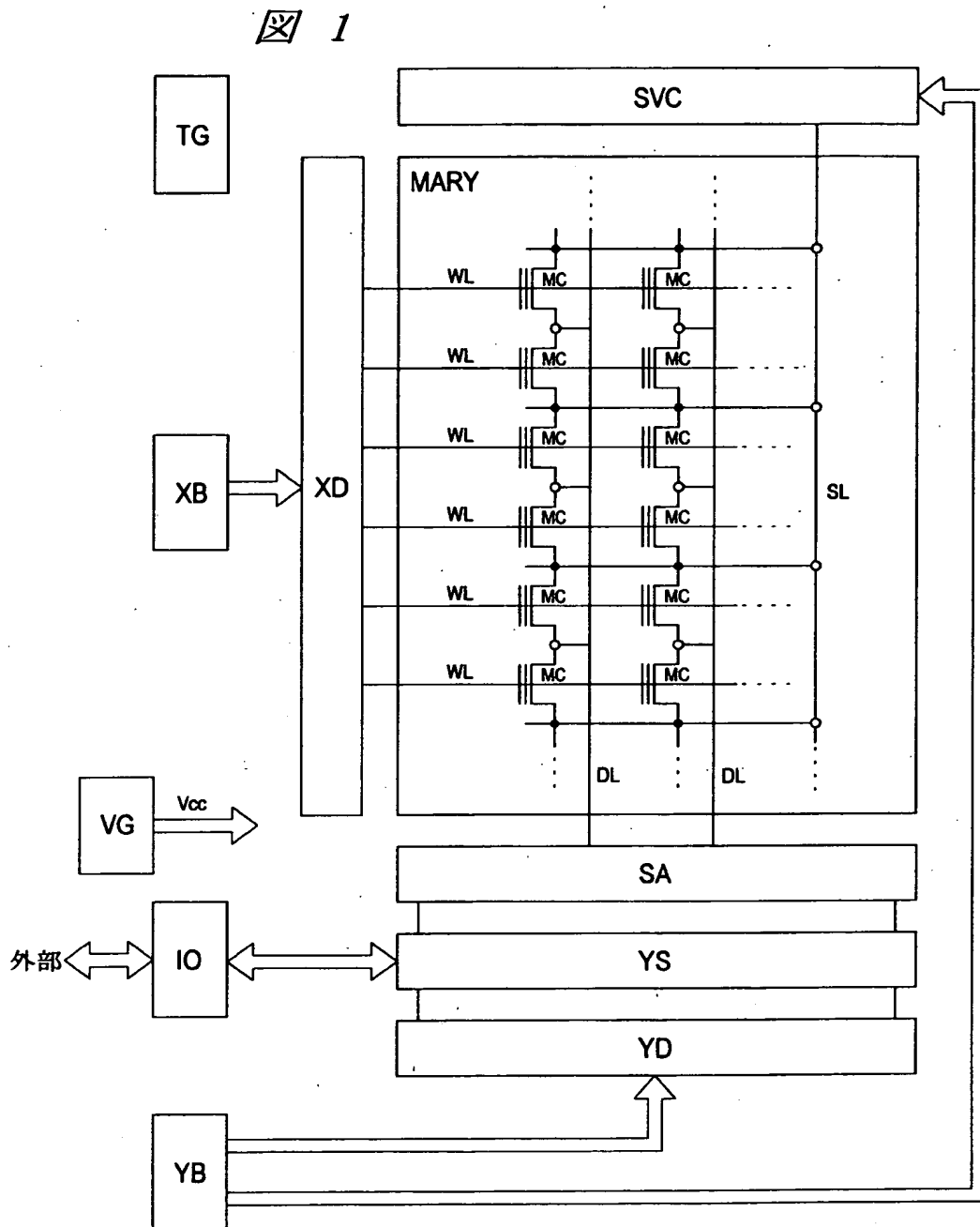
- 1 半導体基板

- 2 素子分離溝
- 3 酸化シリコン膜
- 4 p 型ウエル
- 6 ゲート酸化膜 (第 1 ゲート絶縁膜)
- 7 フローティングゲート電極
- 7 A 多結晶シリコン膜
- 8 ONO 膜 (第 2 ゲート絶縁膜)
- 9 A 多結晶シリコン膜
- 9 コントロールゲート電極
- 1 5 酸化シリコン膜 (第 1 保護絶縁膜)
- 1 6 フォトレジスト膜
- 1 7 エッチング防止膜
- 1 7 A 窒化シリコン膜
- 1 8 窒化シリコン膜
- 2 0 n 型不純物導入領域 (ソース領域、ドレイン領域)
- 2 1 p 型不純物導入領域
- 2 2 窒化シリコン膜 (第 2 保護絶縁膜)
- 2 3、2 4、2 5 酸化シリコン膜
- 2 6 フォトレジスト膜
- 2 7、2 8 コンタクトホール
- 3 0 プラグ
- 3 1 酸化シリコン膜
- 3 2 スルーホール
- 4 0、4 1 コンタクトホール
- 1 0 0 半導体基板
- 1 0 1 ゲート酸化膜
- 1 0 2 フローティングゲート電極
- 1 0 2 A 多結晶シリコン膜
- 1 0 3 ONO 膜

1 0 4 コントロールゲート電極
1 0 4 A 多結晶シリコン膜
1 0 5 酸化シリコン膜
1 0 6 フォトレジスト膜
1 0 7 不純物導入領域（ソース領域、ドレイン領域）
1 0 8 窒化シリコン膜
DL データ線
IO 入出力回路
MARY メモリアレイ
MC メモリセル
SA センスアンプ
SL ソース線
SVC ソース電圧制御回路
TG タイミング発生回路
VG 内部電圧発生回路
WL ワード線
XB Xアドレスバッファ
XD Xアドレスデコーダ
YB Yアドレスバッファ
YD Yアドレスデコーダ
YS Yスイッチ回路

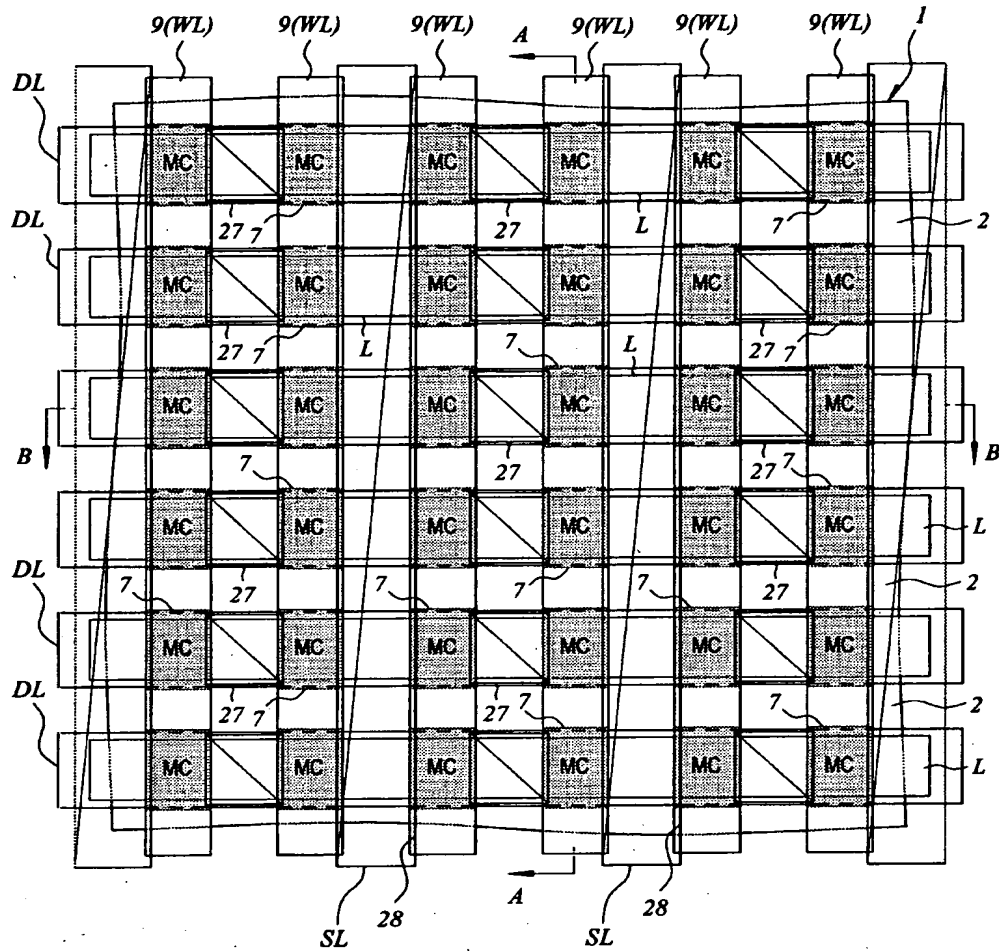
【書類名】 図面

【図 1】



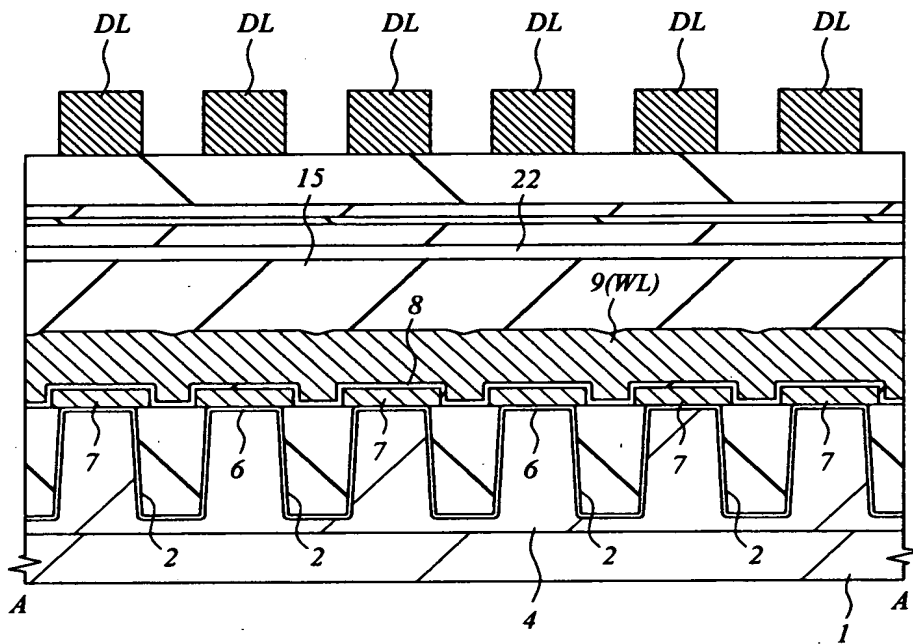
【図 2】

図 2

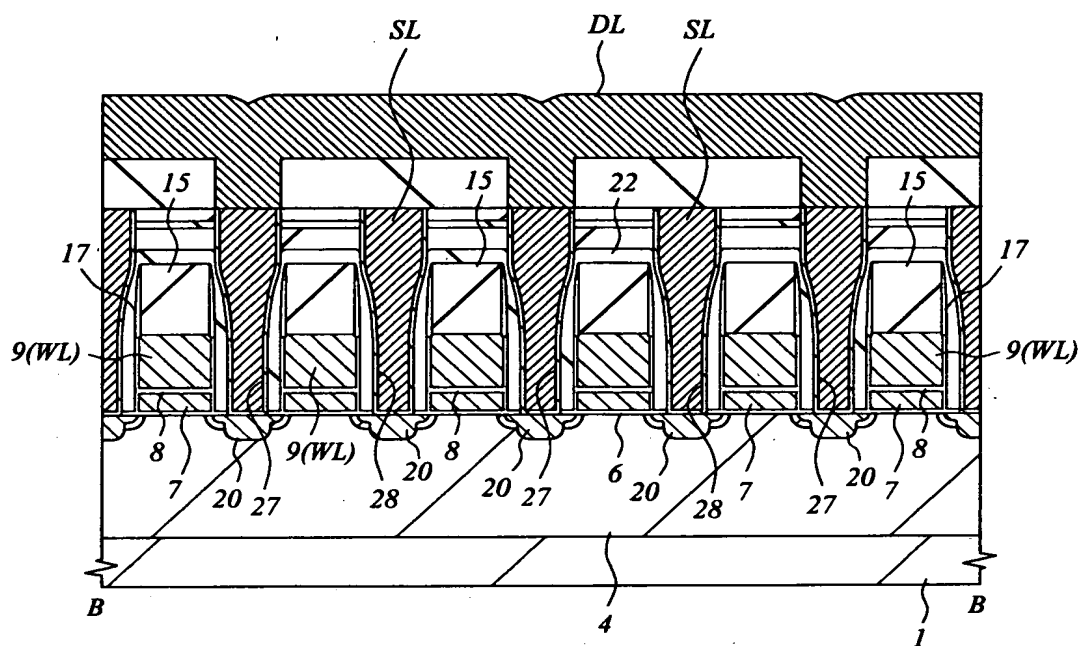


【図3】

図 3

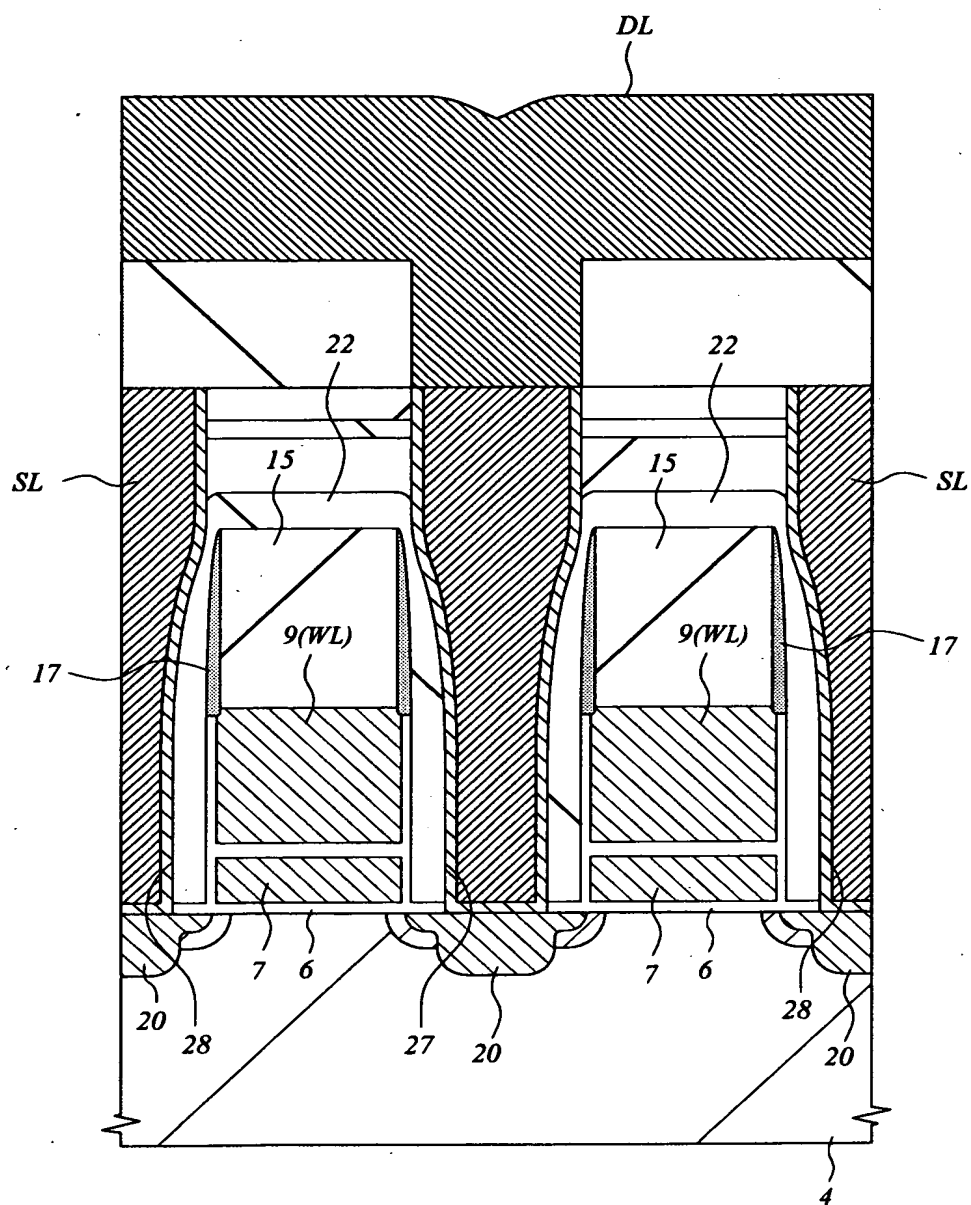


【図 4】



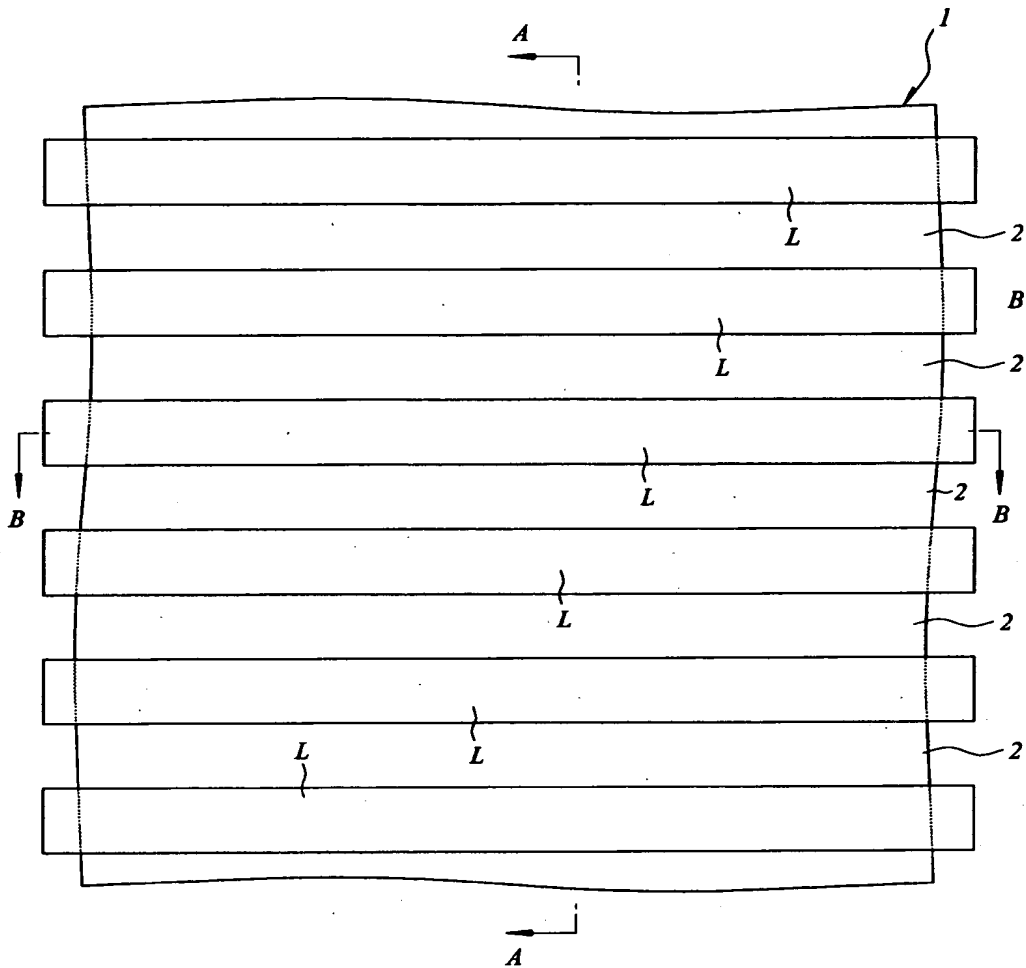
【図 5】

図 5



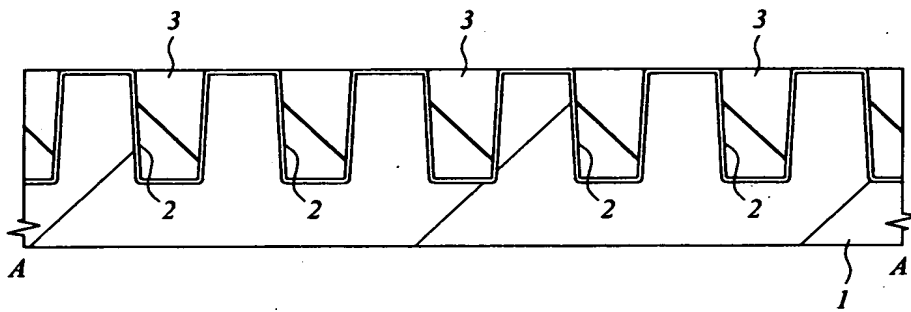
【図 6】

図 6



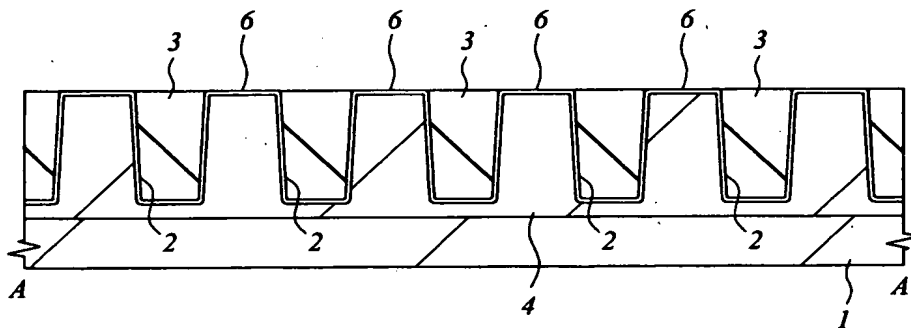
【図7】

図 7



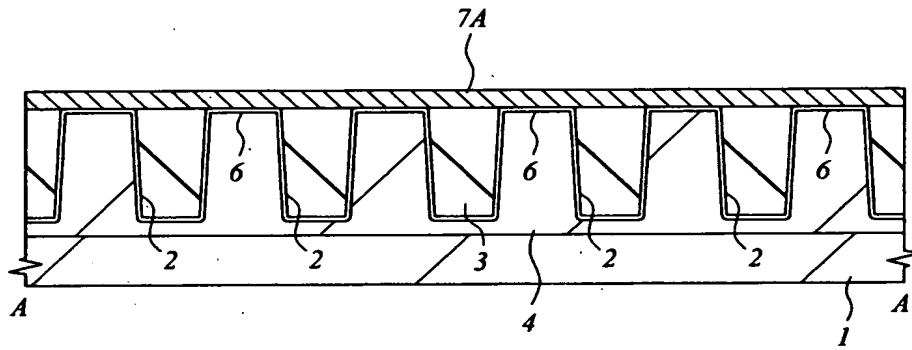
【図8】

図 8



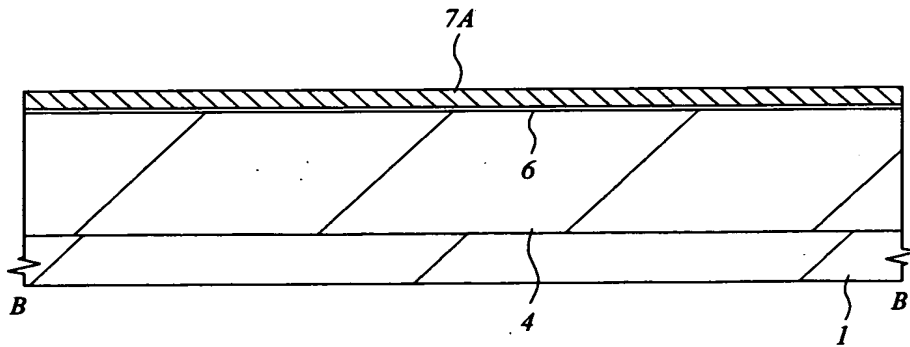
【図 9】

図 9



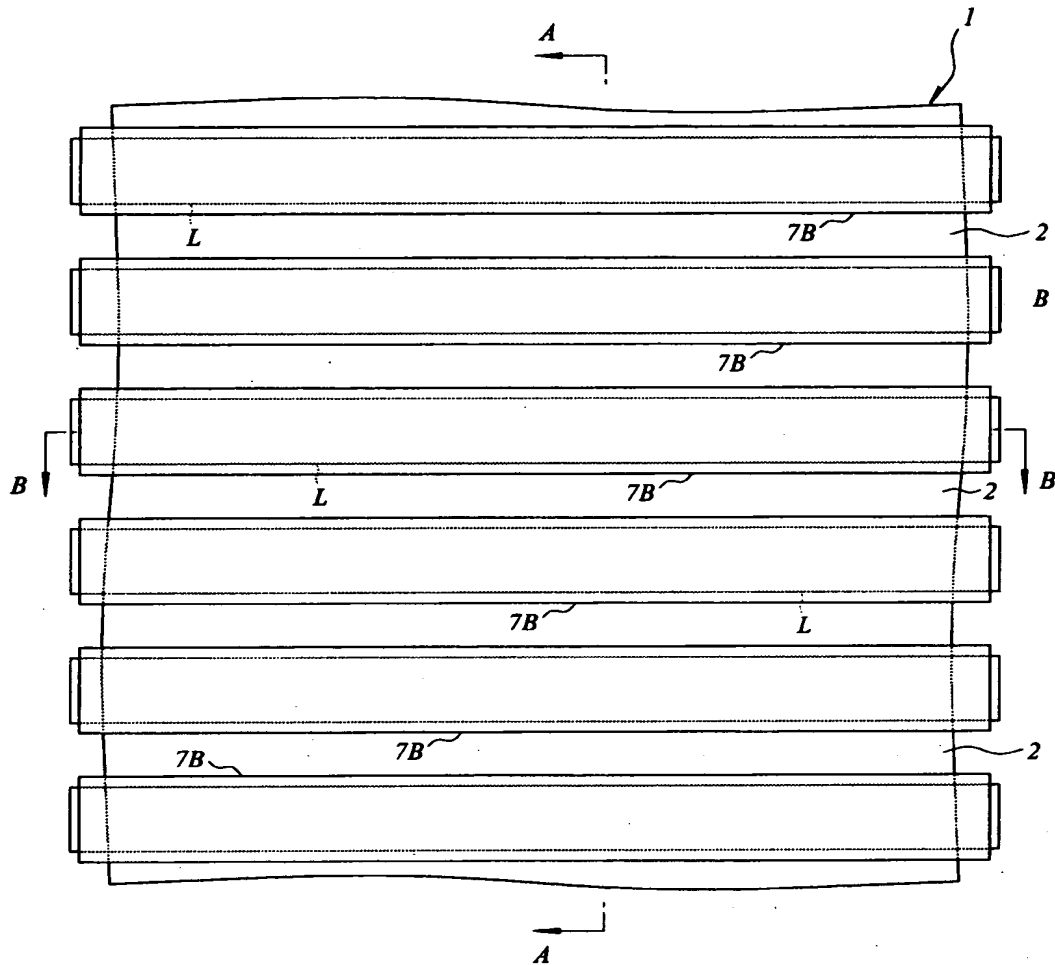
【図 1 0】

図 10



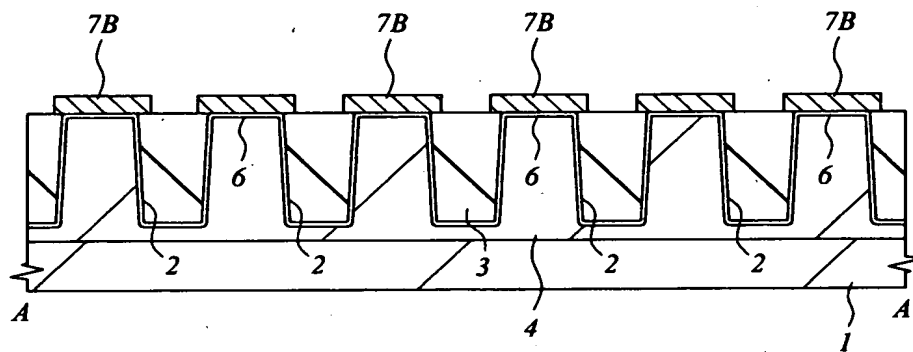
【図 11】

図 11



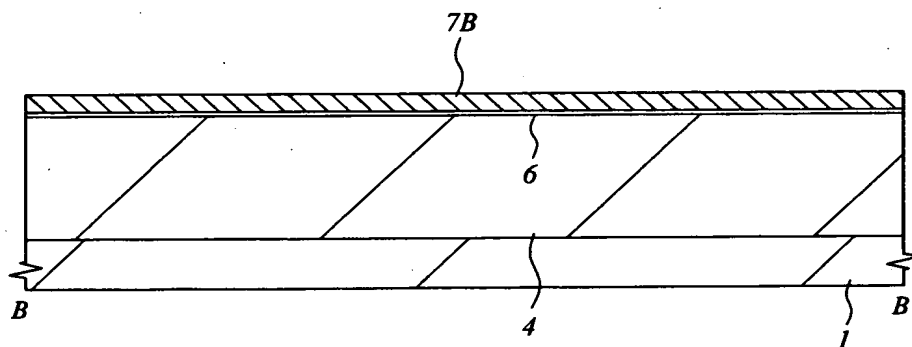
【図 12】

図 12



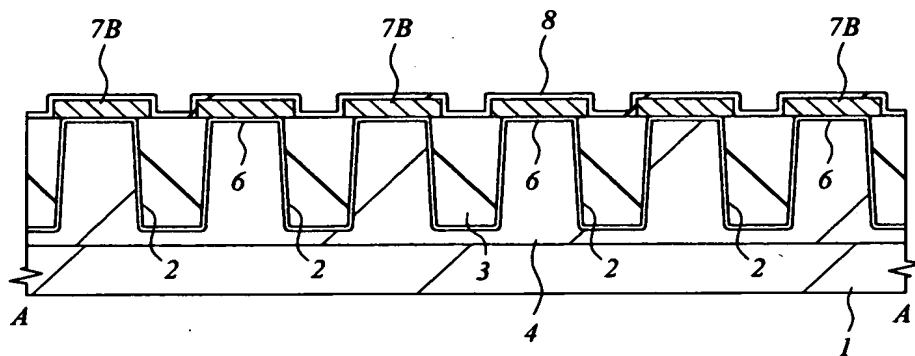
【図 13】

図 13



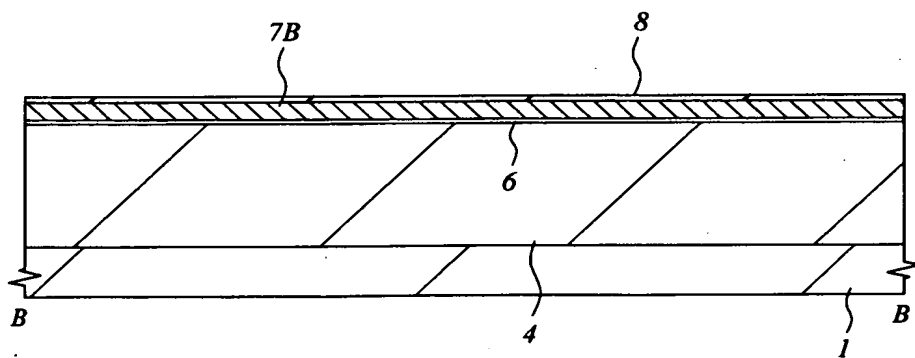
【図 14】

図 14



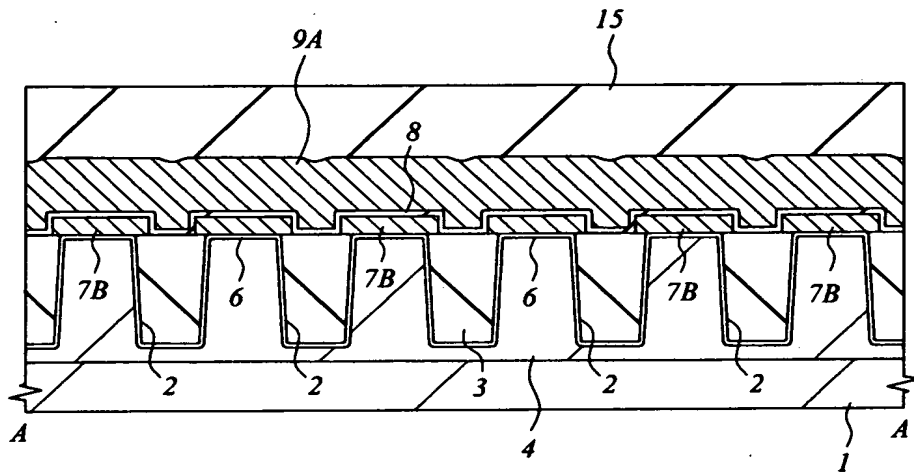
【図 15】

図 15



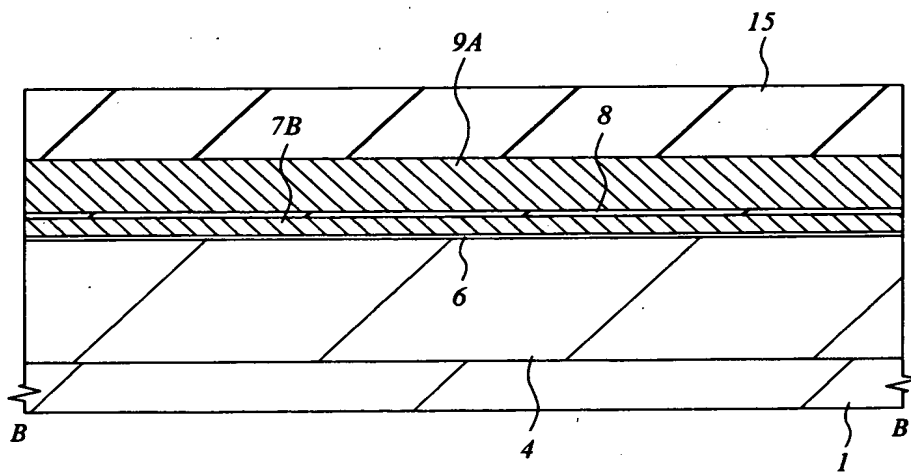
【図16】

図 16



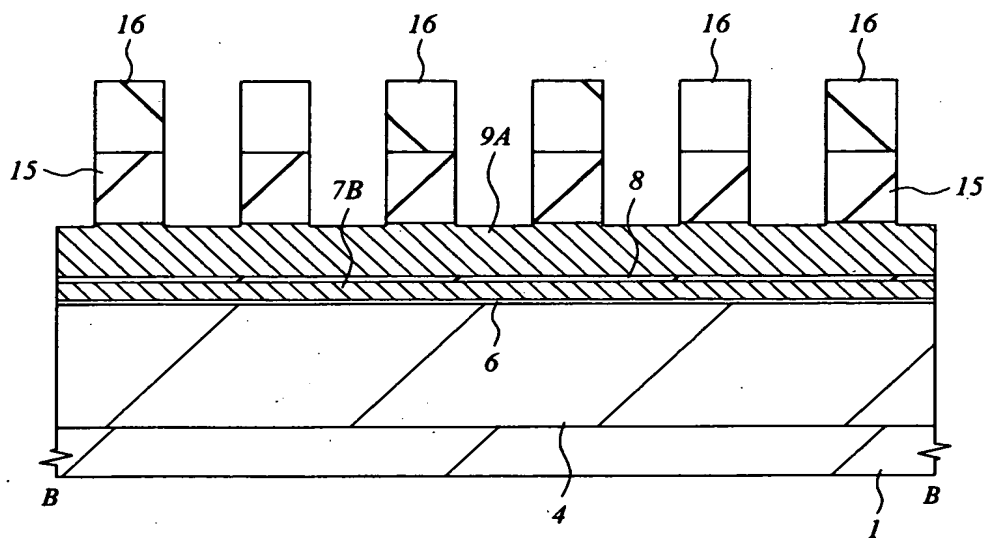
【図17】

図 17



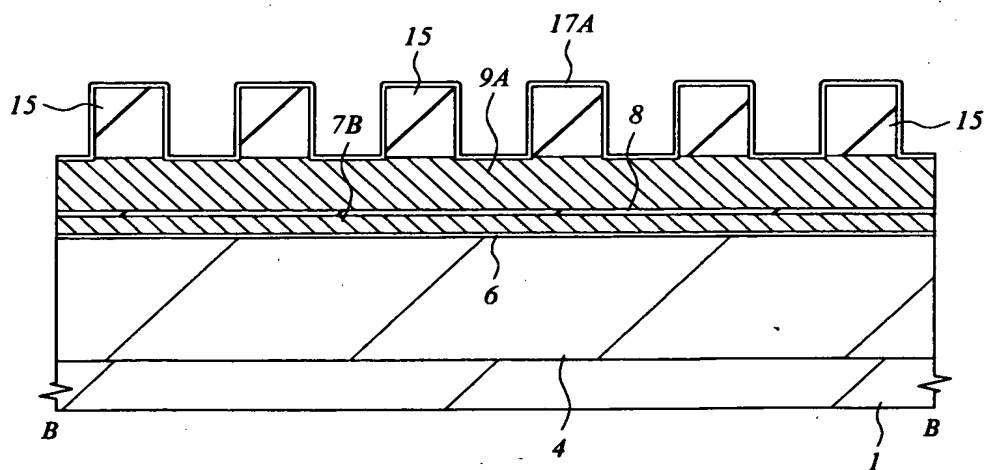
【図18】

図 18



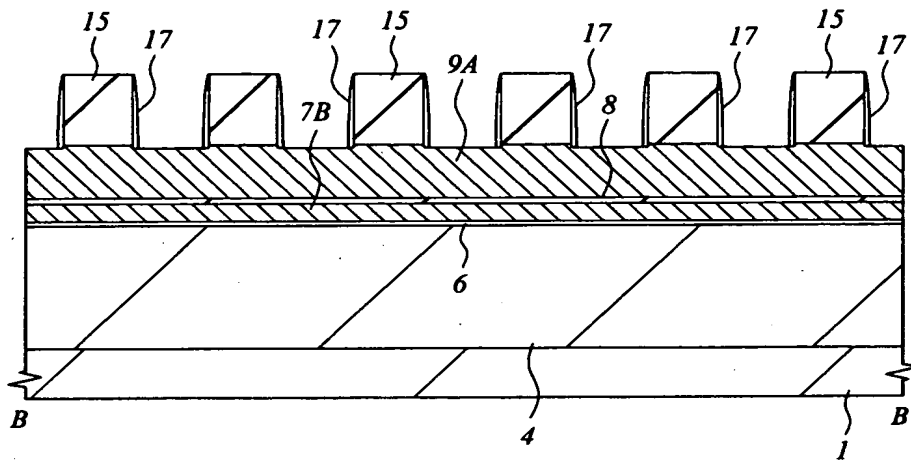
【図19】

図 19



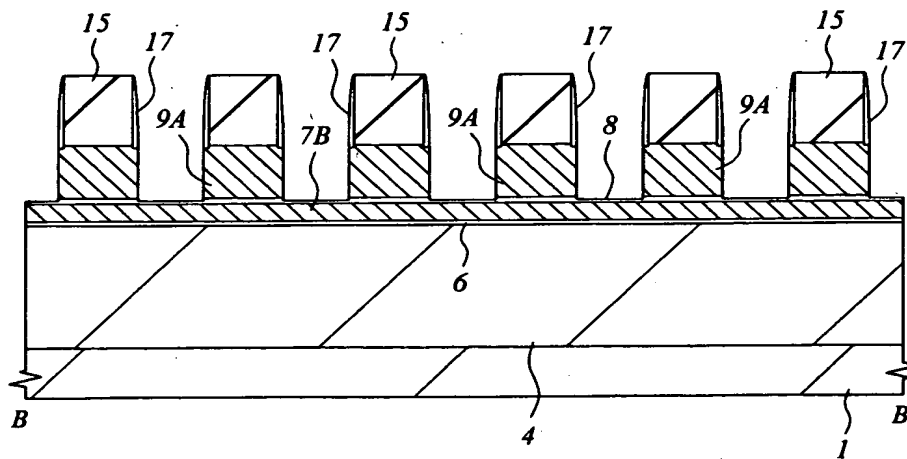
【図 20】

図 20



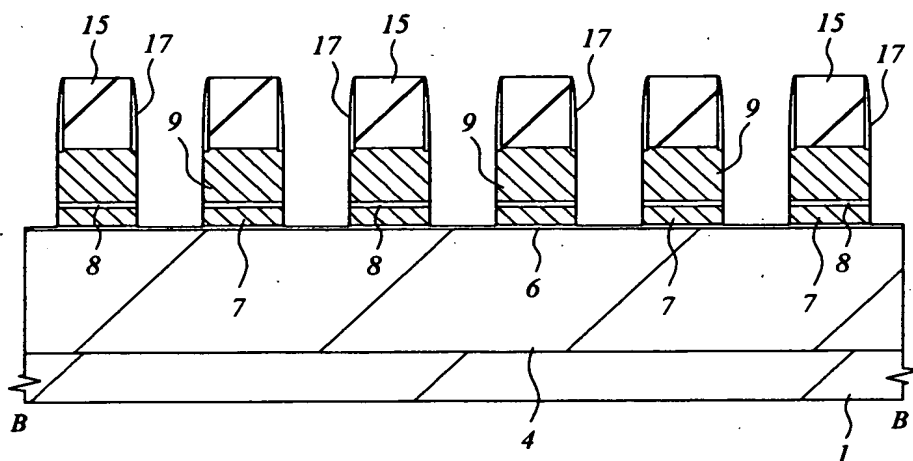
【図 21】

図 21



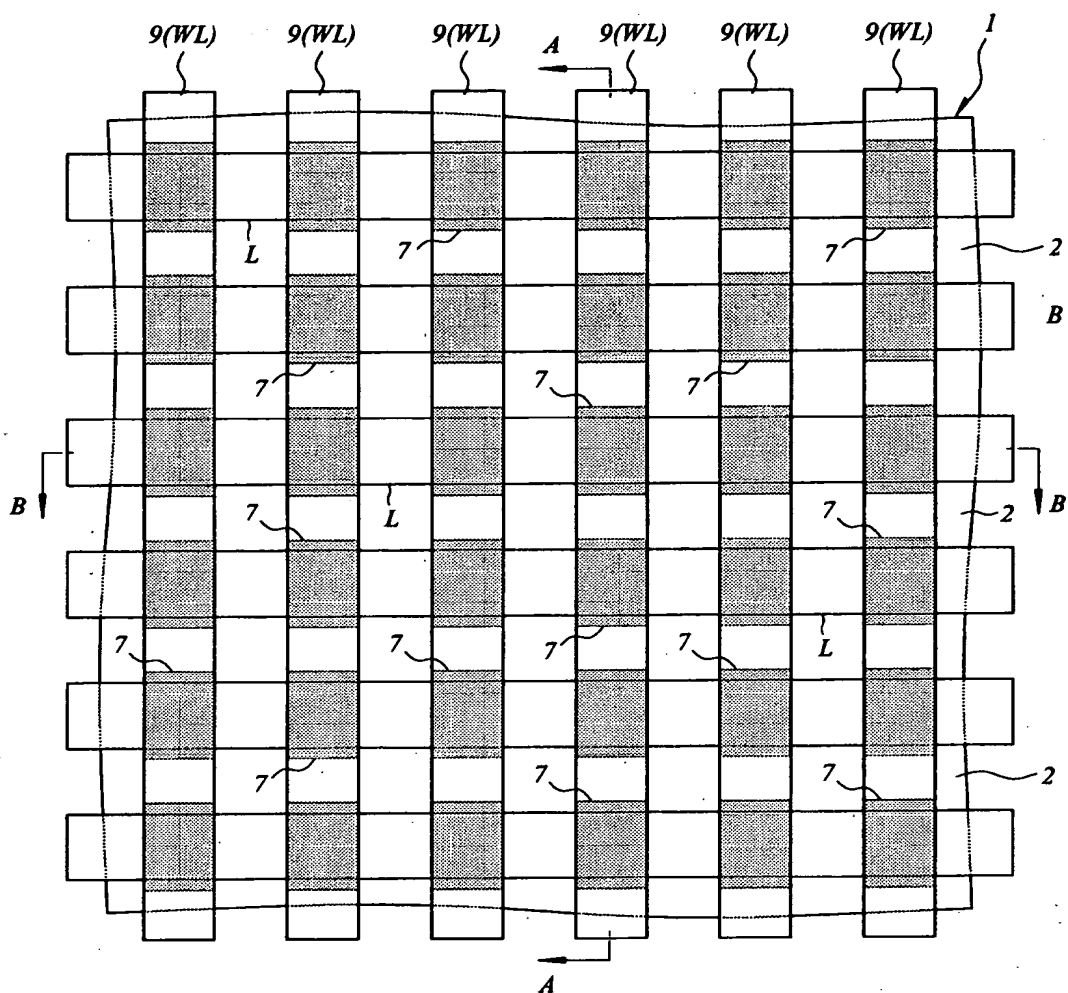
【図 22】

図 22

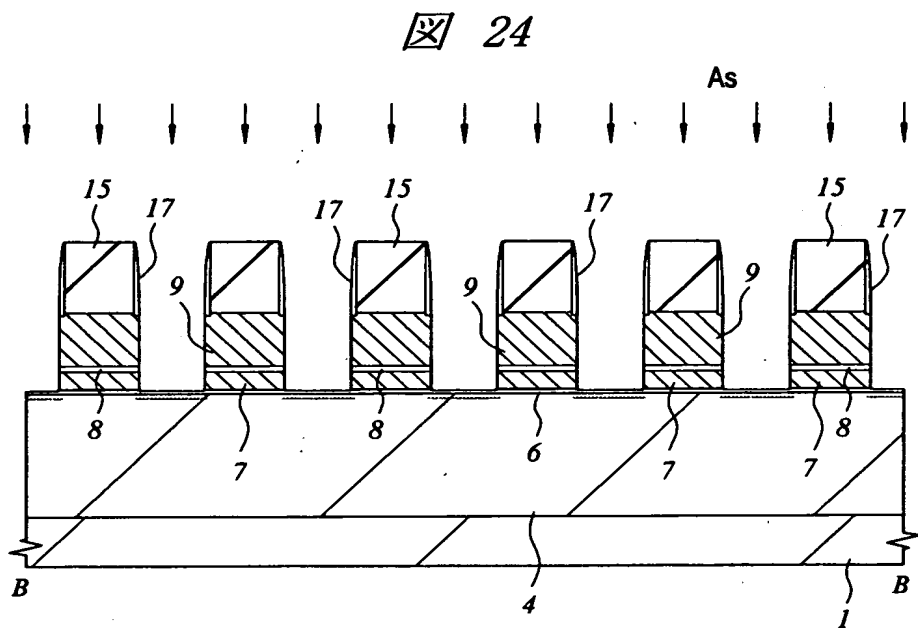


【図 23】

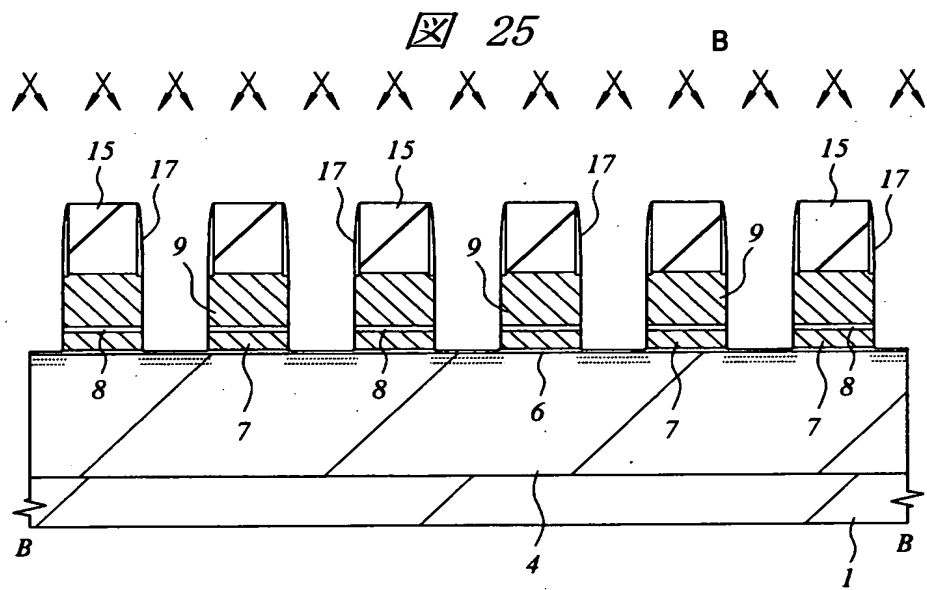
図 23



【図 24】

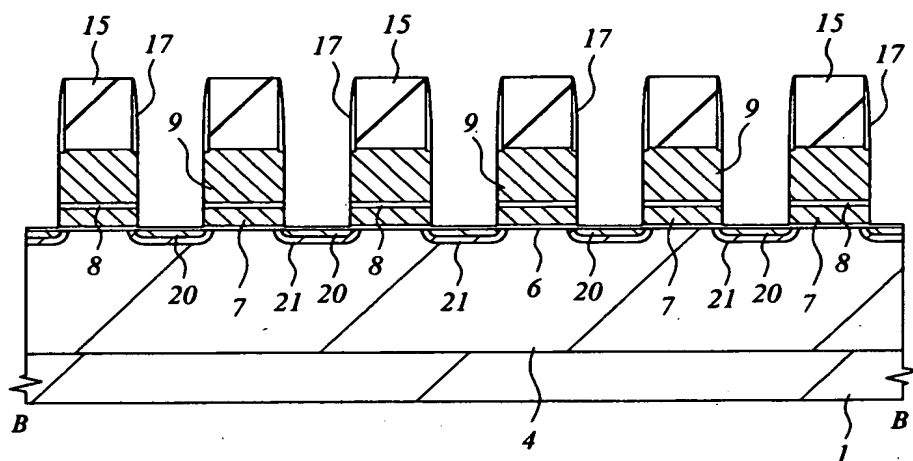


【図 25】



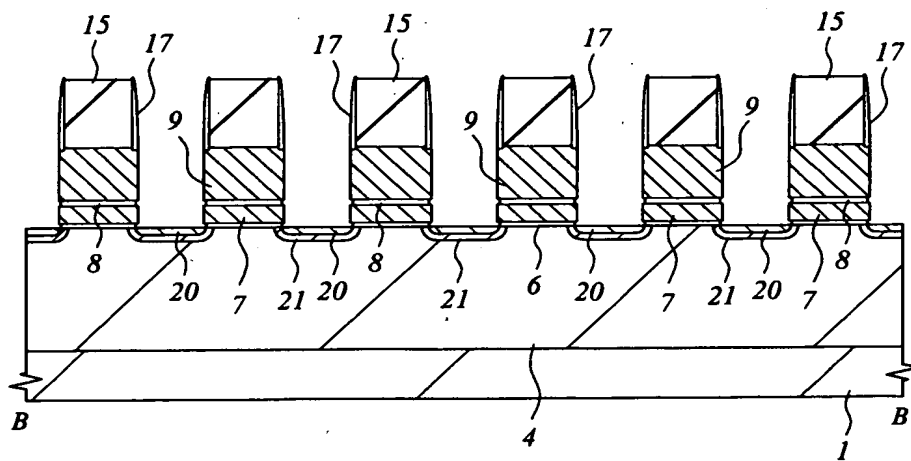
【図 26】

図 26



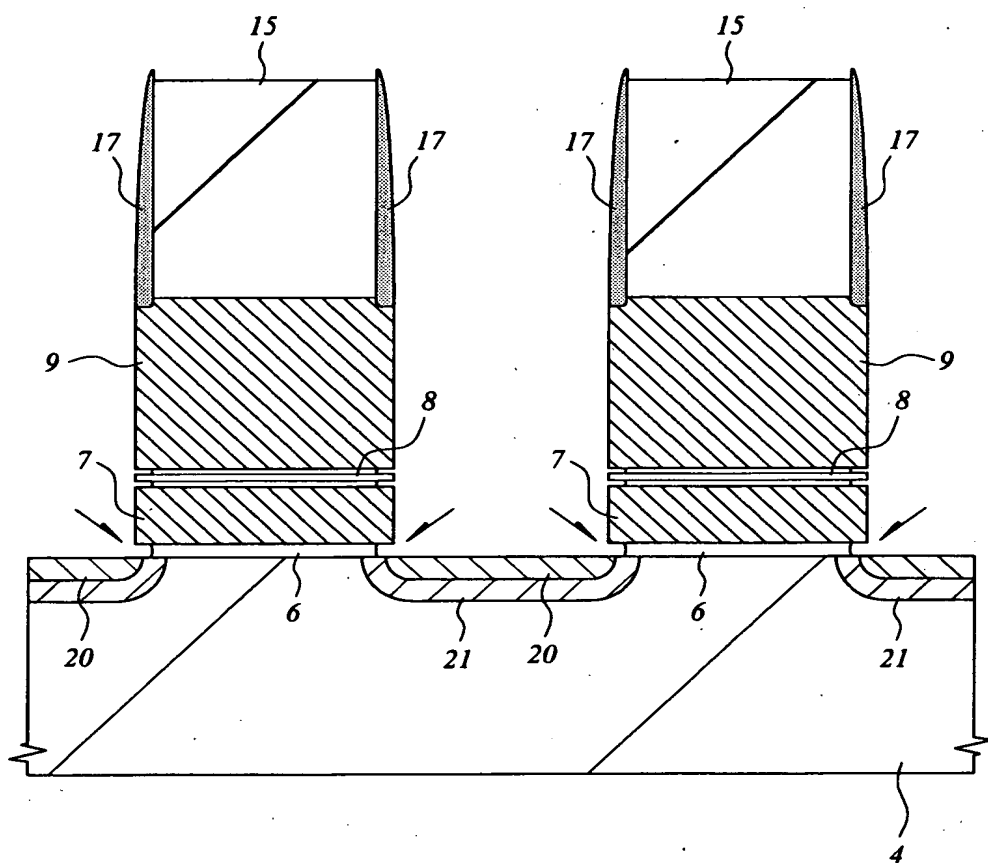
【図 27】

図 27



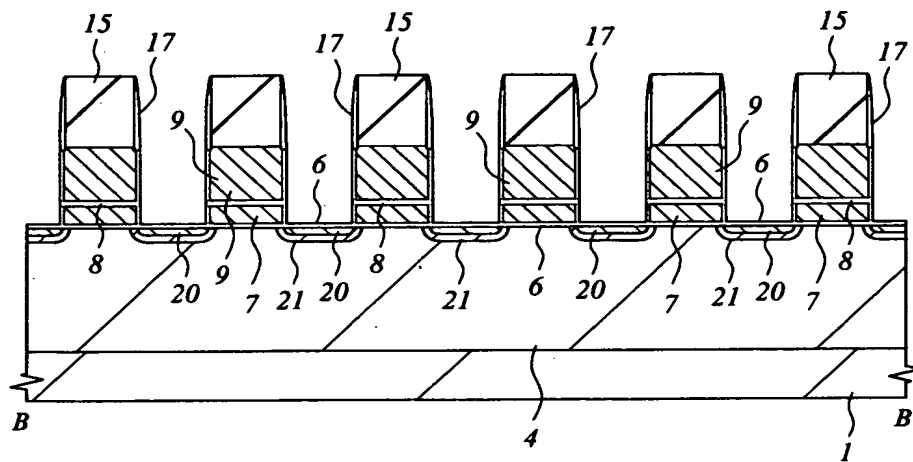
【図 28】

図 28



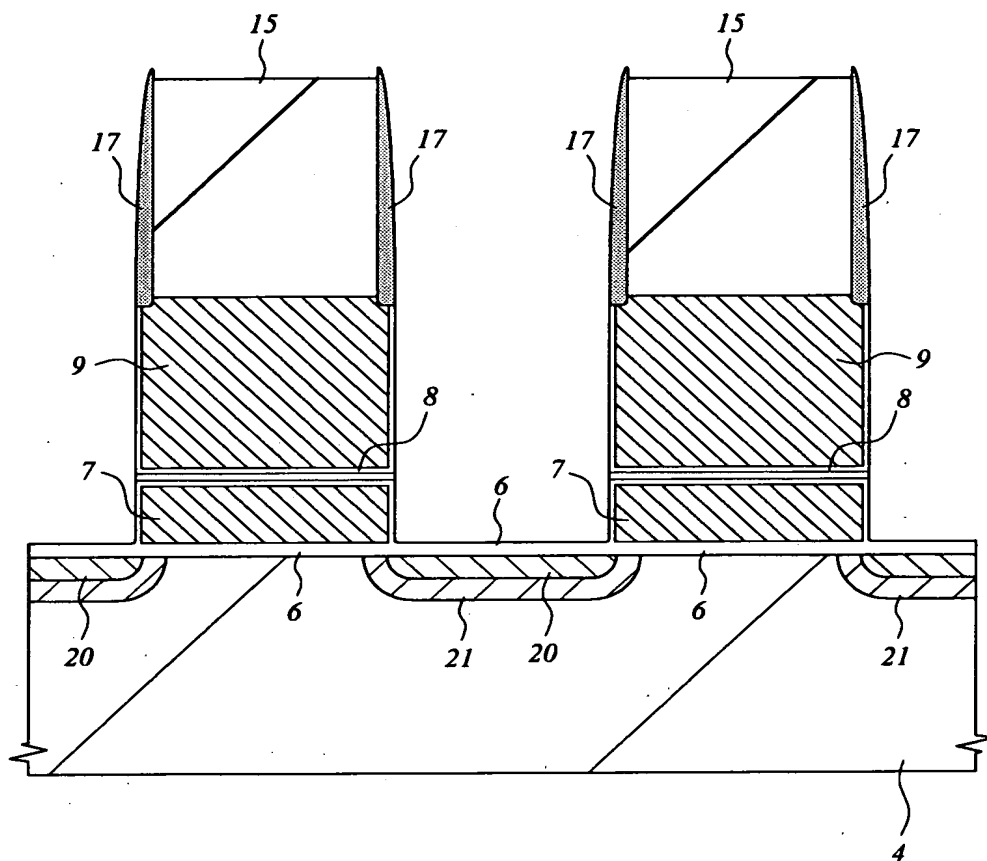
【図 29】

図 29



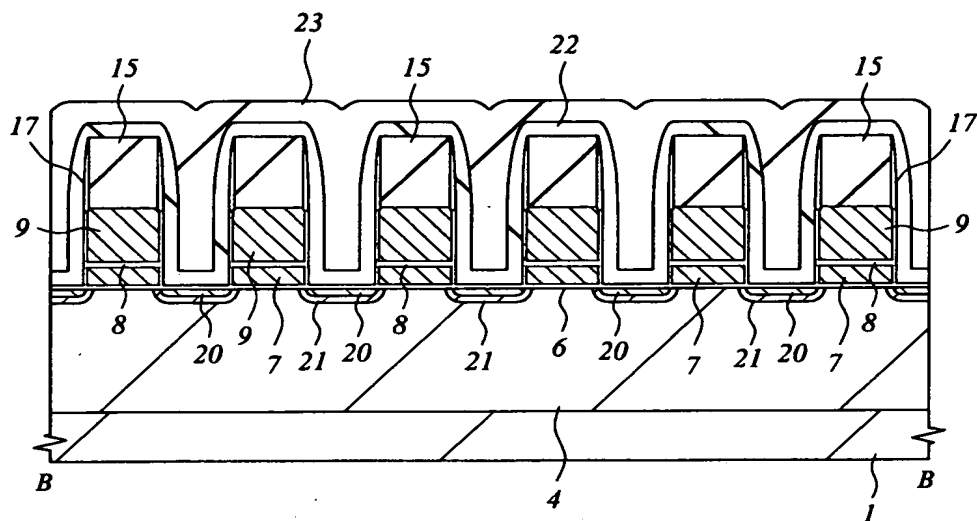
【図30】

図 30



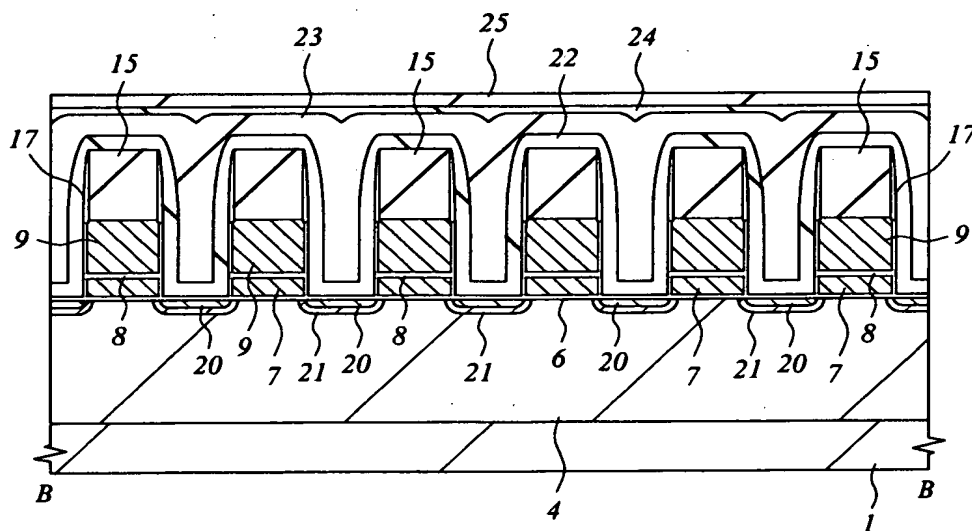
【図 3 1】

図 31

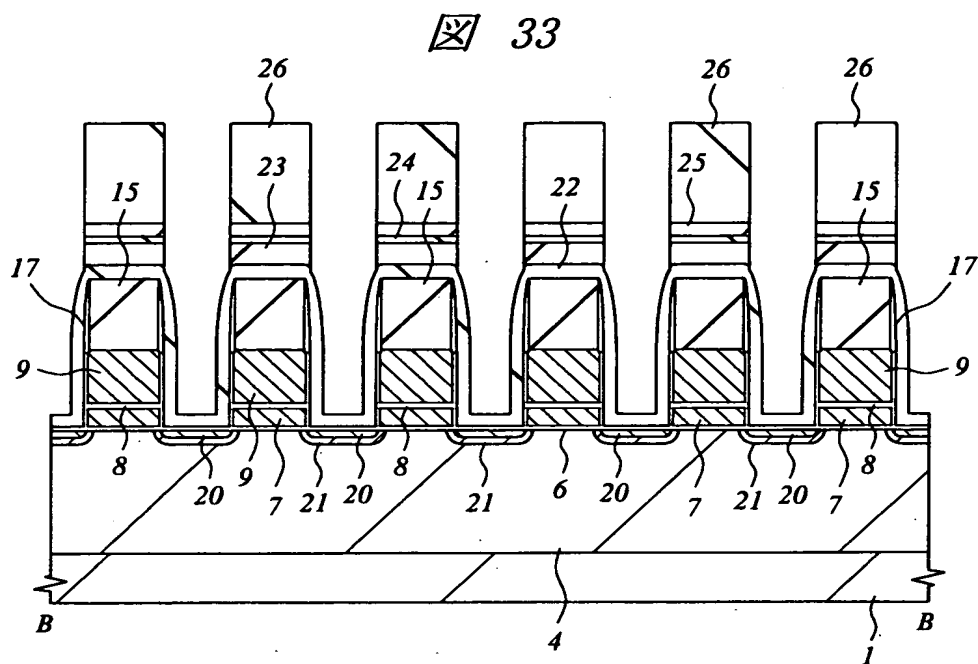


【図 3 2】

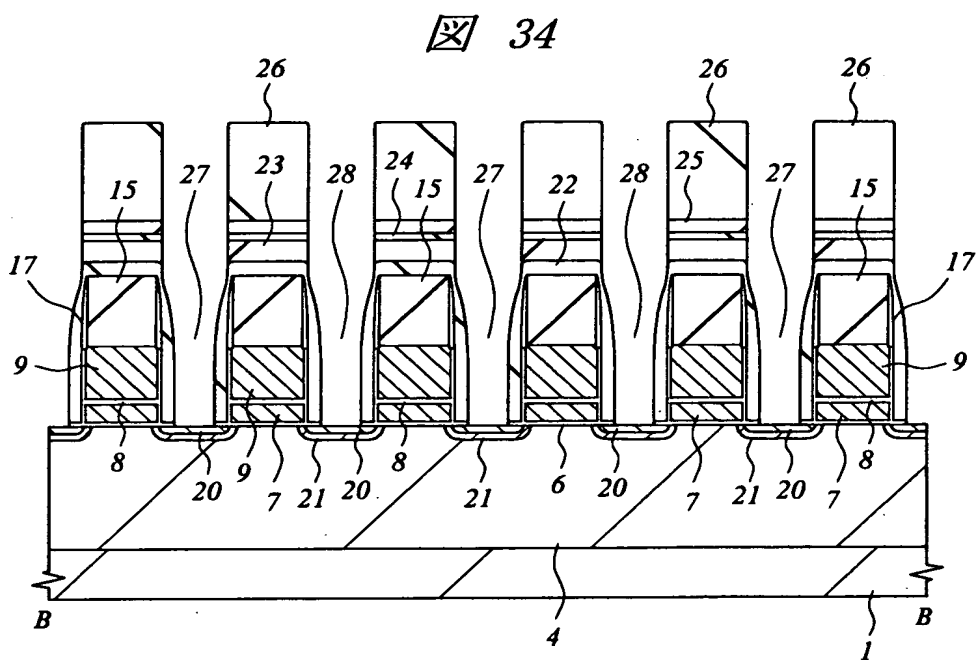
図 32



【図 3 3】

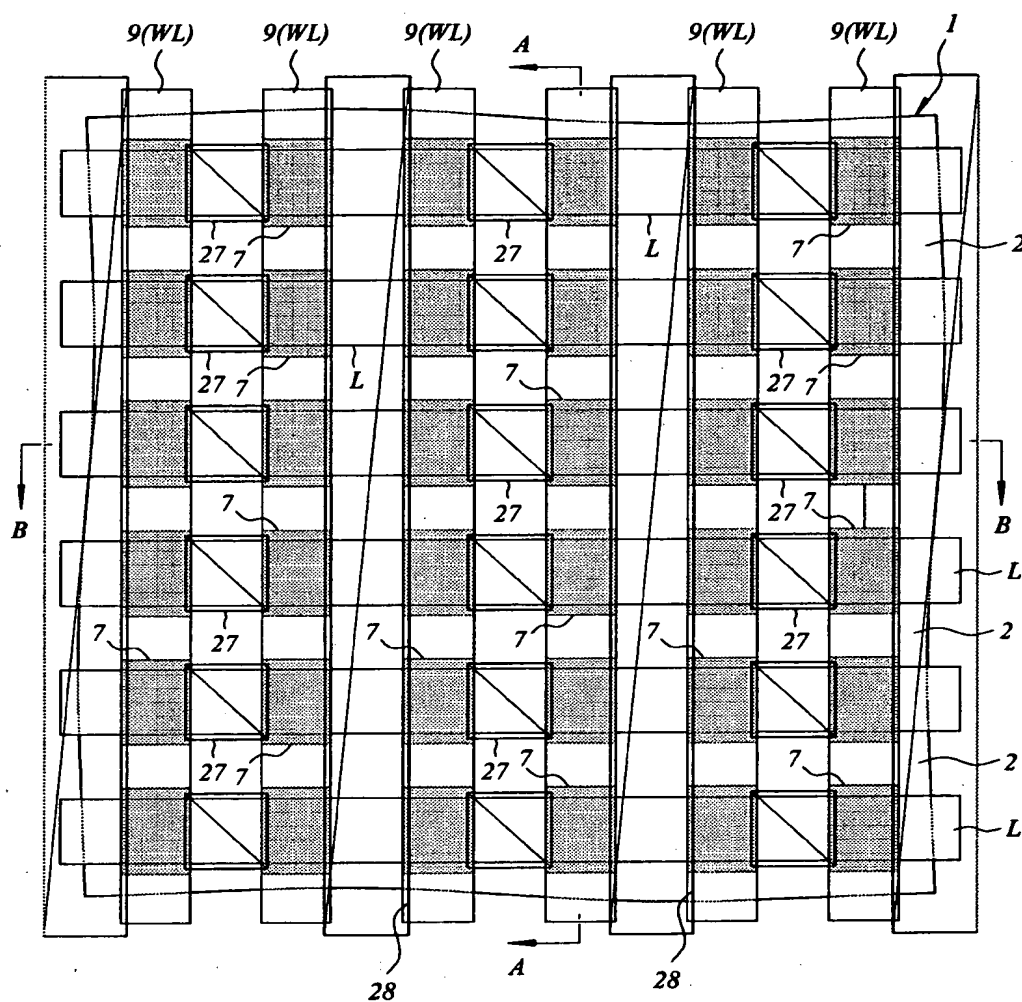


【図 3 4】

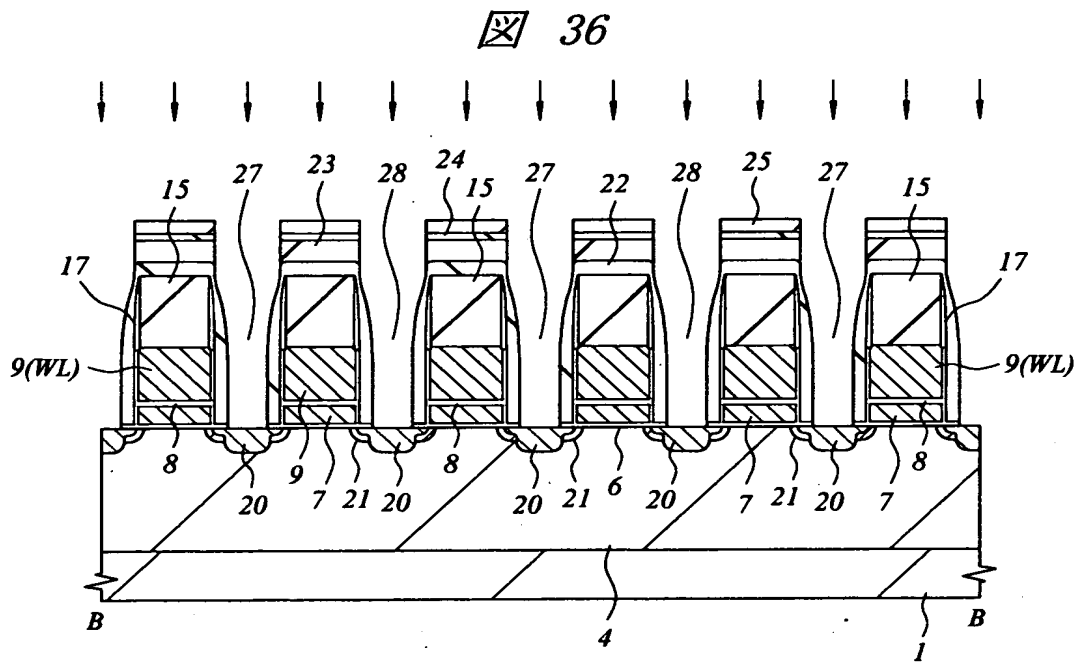


【図 35】

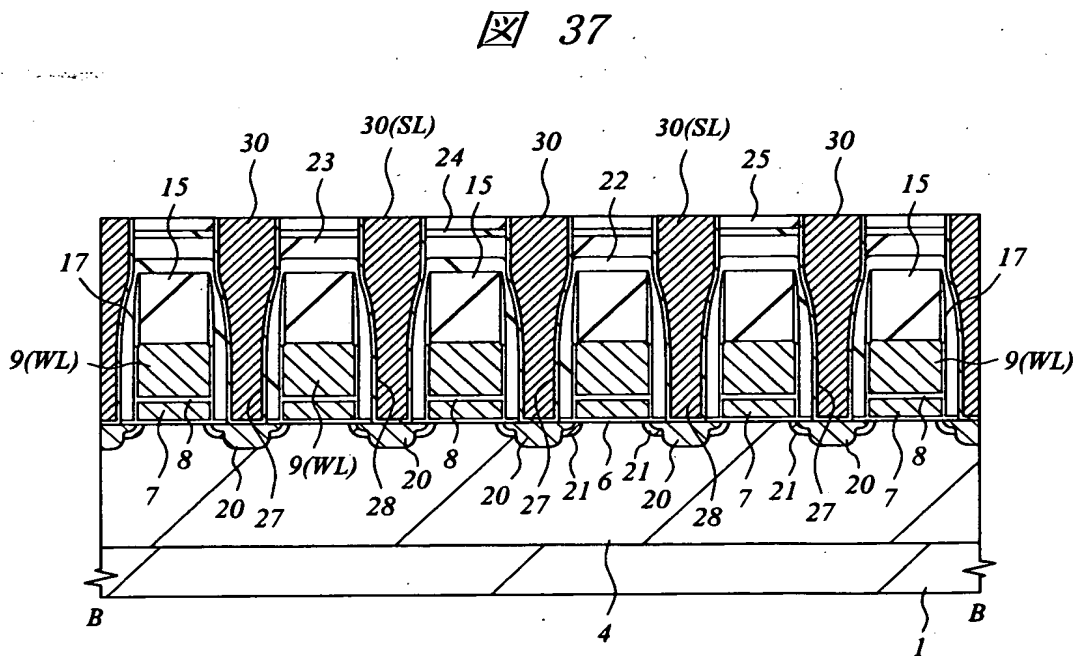
図 35



【図 36】

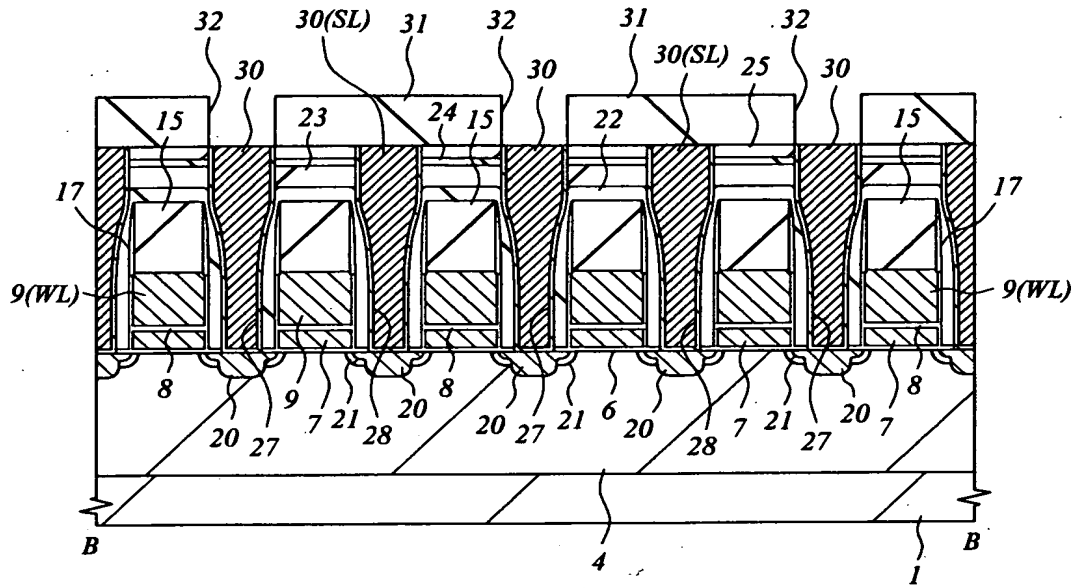


【図 37】



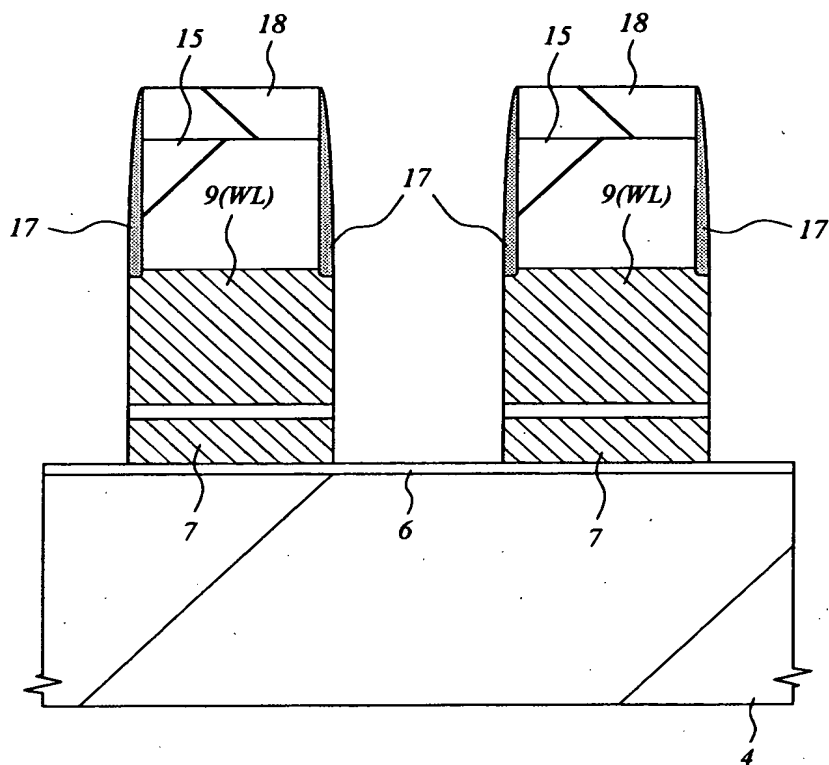
【図 38】

図 38



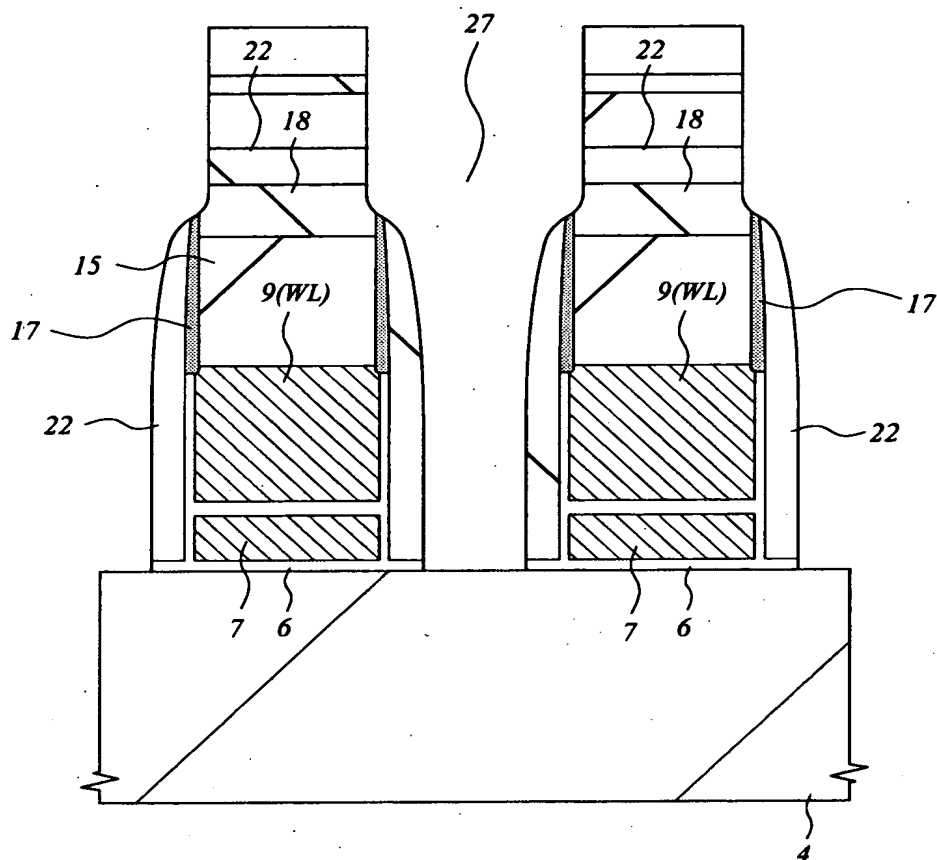
【図 39】

図 39



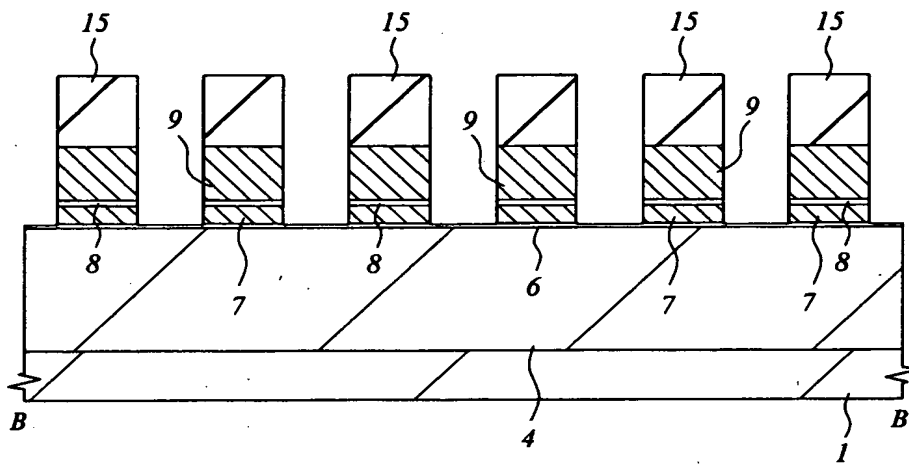
【図40】

図 40



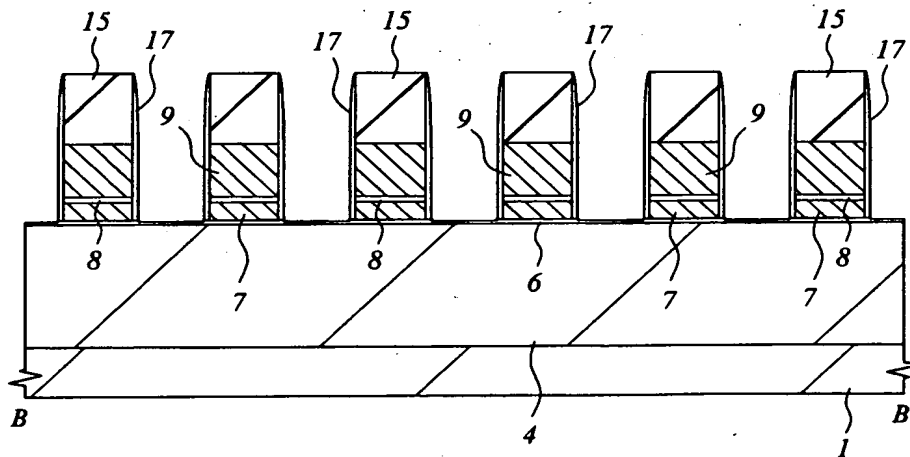
【図 4 1】

図 41

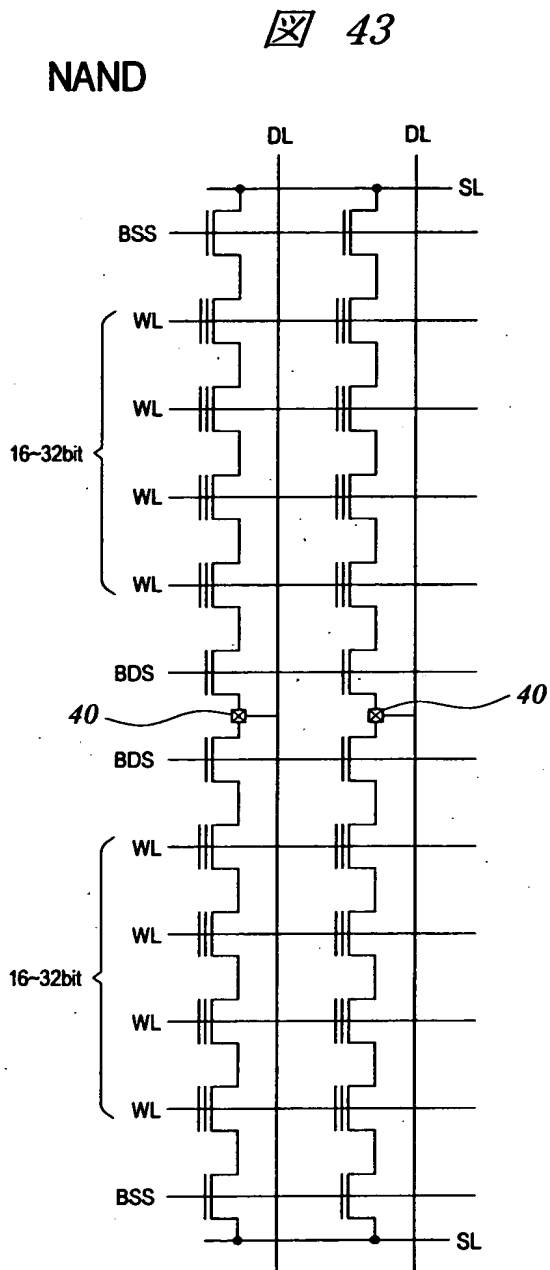


【図 4 2】

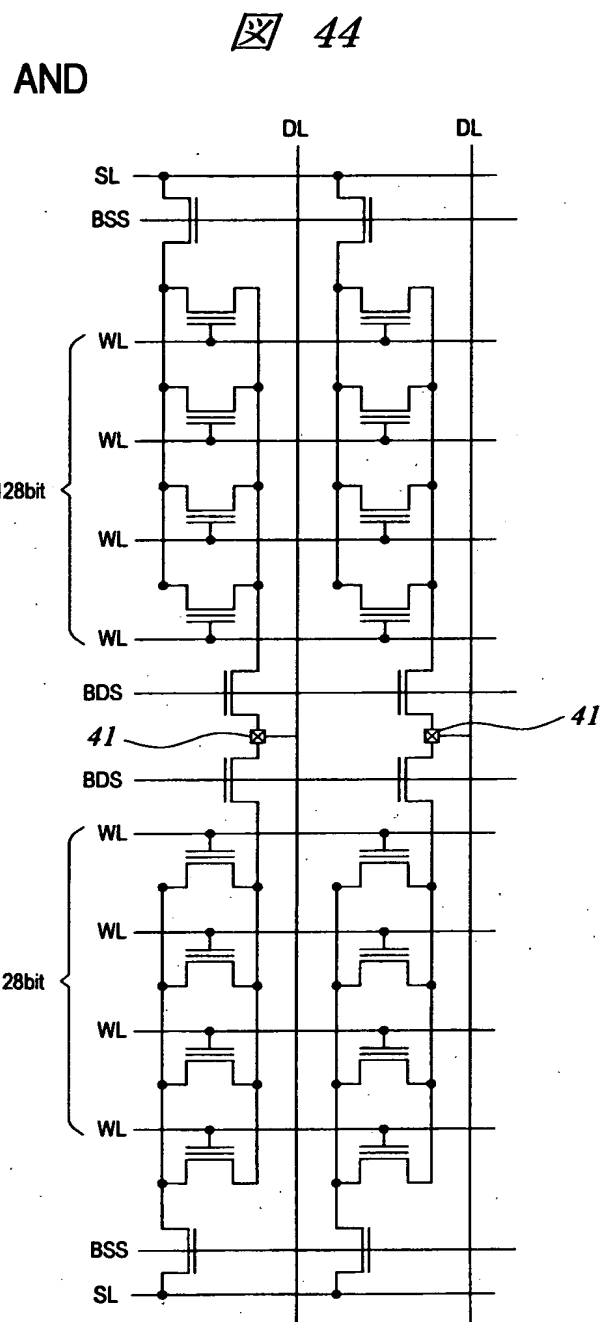
図 42



【図 4 3】

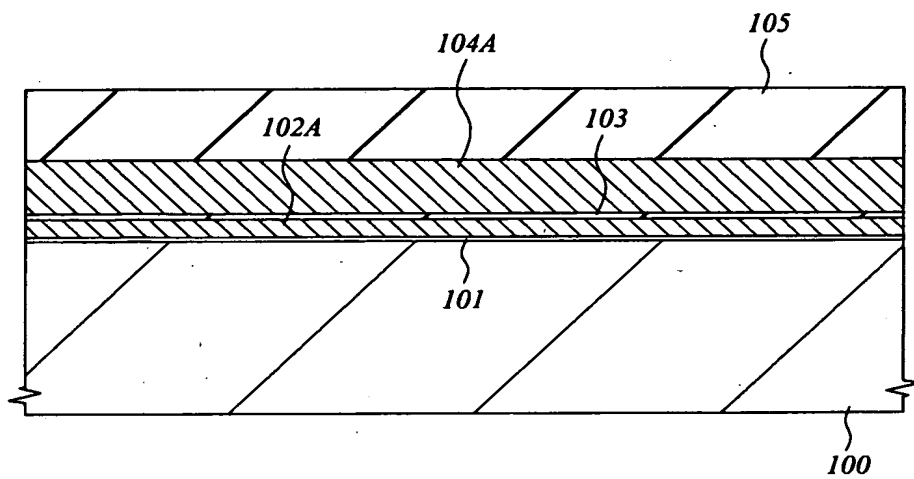


【図 4 4】



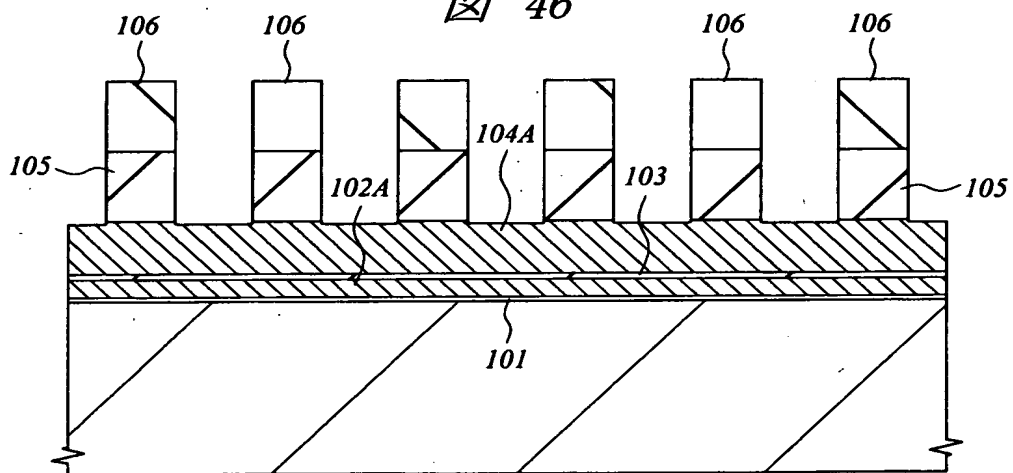
【図 4 5】

図 45



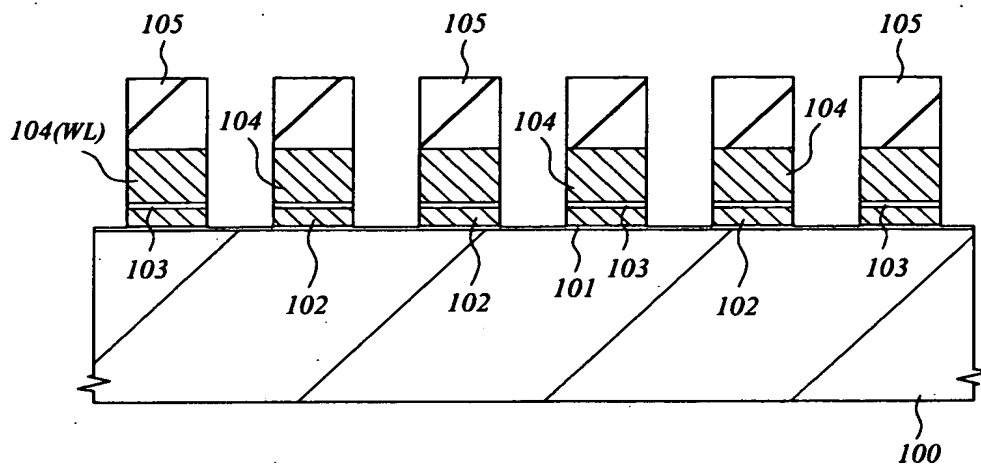
【図 4 6】

図 46



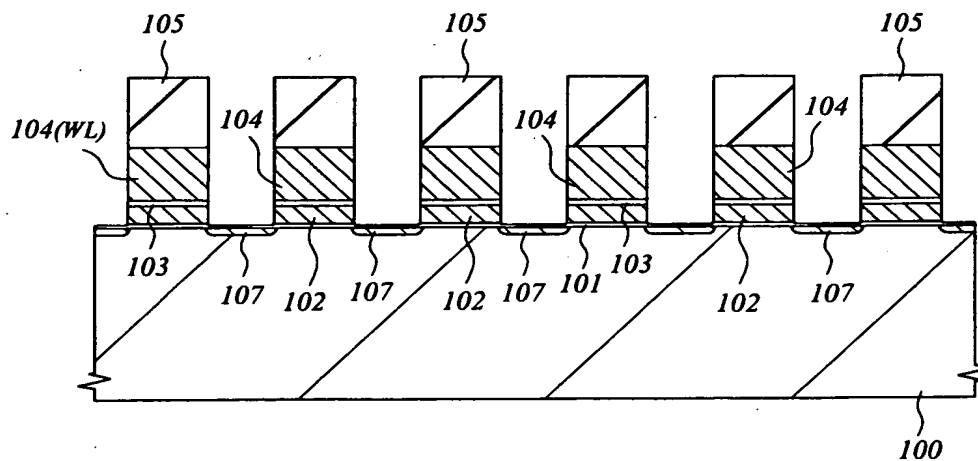
【図 47】

図 47



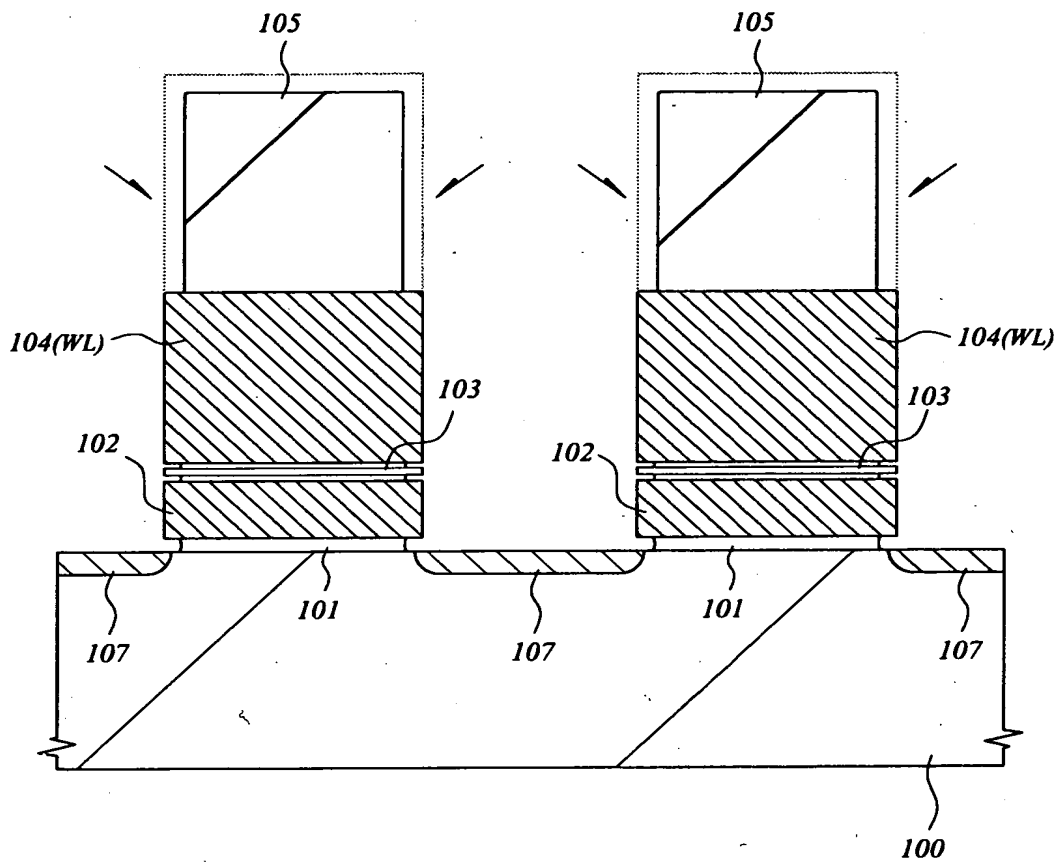
【図 48】

図 48



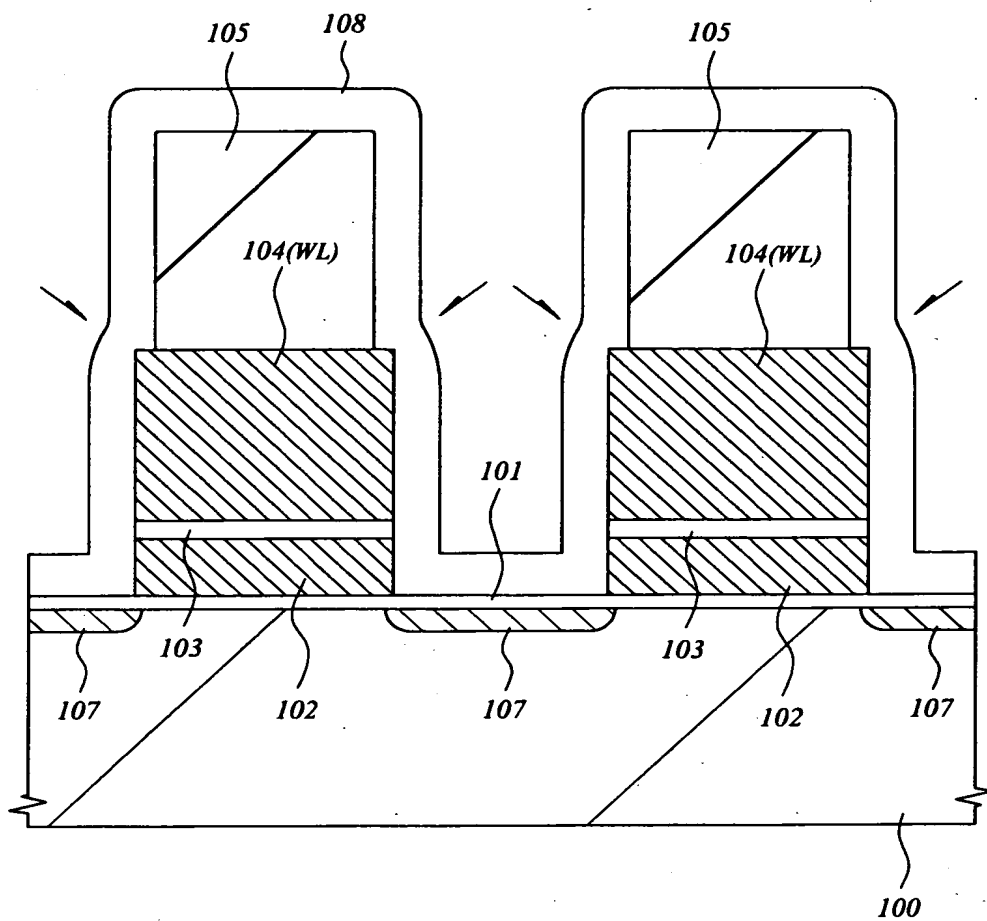
【図 4 9】

図 49



【図 5 0】

図 50



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フラッシュメモリの大容量化、微細化を推進する。

【解決手段】 コントロールゲート電極 9 の上部を保護する絶縁膜を酸化シリコン膜 1 5 で構成し、ゲート酸化膜 6 やその下部の基板 1 に及ぼすストレスを低減する。また、酸化シリコン膜 1 5 の側壁に窒化シリコン膜からなるエッチング防止膜 1 7 を形成し、ゲート電極加工後のフッ酸洗浄工程で酸化シリコン膜 1 5 の側壁がエッチングされるのを防止する。

【選択図】 図 2 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名 株式会社日立製作所